



**Marcelo Esteves
Marques**

Acústica de Edifícios – Estudo de Caso



**Marcelo Esteves
Marques**

Acústica de Edifícios – Estudo de Caso

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e sob a co-orientação científica do Doutor António José Barbosa Samagaio, Professor associado do Departamento de Engenharia do Ambiente da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, Fernando Marques e Maria Alice Marques e à minha irmã Carine Marques.

o júri

presidente

Professor Doutor Paulo Barreto Cachim
professor associado da Universidade de Aveiro

Professor Doutor João de Lemos Pinto
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
professora associada da Universidade de Aveiro

Professor Doutor António José Barbosa Samagaio
professor associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de expressar um particular agradecimento à professora Ana Luísa Velosa e ao professor António Samagaio, pela orientação, pelo apoio, pela paciência e disponibilidade sempre demonstrada.

À empresa Mota-Engil pela utilização de todo o material fornecido.

Aos meus colegas de trabalho pelo apoio e ajuda prestado.

À minha irmã e os meus pais por me terem apoiado nesta difícil etapa.

Aos meus amigos.

A todos, o meu sincero agradecimento e o facto de ter conseguido chegar aqui, parte deve-se a esse apoio.

palavras-chave

RRAE, isolamento acústico, ruídos aéreos, ruídos percussão, envolvente exterior, soluções construtivas.

resumo

Num mundo em contínuo desenvolvimento em que o objectivo é encontrar soluções para os problemas que constantemente vão aparecendo, o problema da acústica tem vindo a tornar-se cada vez mais um caso em que as soluções tardam a ser aplicadas.

É usual hoje em dia o ser humano estar sensível a todos os pormenores quando adquire uma habitação nova não só em termos estéticos mas também em termos ambientes (termicamente e acusticamente).

É neste contexto que o trabalho é desenvolvido, tendo em linha de conta o RRAE, é feita uma pequena análise do que era a construção até há bem pouco tempo e até que ponto era a fiscalização determinante para o tipo de construção que temos em Portugal.

É realçado o comportamento dos promotores imobiliários na construção actual e até onde é que os projectistas permitem executar um projecto sem um projecto de comportamento acústico.

Na parte final deste trabalho é realizado um estudo a um edifício de habitação recente onde foram realizados ensaios acústicos para emissão da licença de utilização do mesmo.

keywords

RRAE, acoustic insulation, air noise, percussion noise, external involvement, constructive solutions.

summary

In a continuous developing world in which the goal is to find solutions to constantly appearing problems, acoustics problem has increasingly become a case where solutions are slow to be implemented. Nowadays, it is usual for human being to get sensitive at every detail when buying a new housing, not only in aesthetic terms but also in environments (thermally and acoustically). The assignment is developed in this background, taking into account with the RRAE, a small analysis is made to what was construction until now and to what extent the audit determinate the type of construction we have in Portugal. At current construction, constructor's behavior is focused, as well as how far designers allow you to run a project without an acoustic behavior's project. A study was made in the final part of this assignment to a recent residential building, in which, to issue the license to use, noise tests were conducted.

Índice Geral

Capítulo 1 - Introdução	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Objectivos.....	2
1.4. Organização do Trabalho	3
 Capítulo 2 – Estado do Conhecimento.....	4
2.1. Introdução.....	4
2.2. Enquadramento Legal.....	5
2.3. Implementação da Legislação em Portugal.....	7
2.4. Conforto Acústico	9
2.5. A Acústica nos Edifícios	10
2.5.1. Tipos de sons aéreos	11
2.5.2. Tipos de sons de percussão	13
2.5.3. Transmissão Marginal.....	14
2.6. Material Isolante acústico	14
 Capítulo 3 – Isolamento Acústico em Edifícios	17
3.1. Introdução.....	17
3.2. Exigências da Legislação	21
3.3. A Acústica na Fase de Projecto de Execução.....	25
3.3.1. Sons Aéreos	30
3.3.1.1. Isolamento a Sons Aéreos	30
3.3.1.2. Métodos de Avaliação	32

3.3.1.3. Soluções Construtivas e Materiais de Bom Desempenho Acústico.....	34
3.3.2. Sons Percussão.....	40
3.3.2.1. Isolamento a Sons de Percussão.....	40
3.3.2.2. Métodos de Avaliação.....	44
3.3.2.3. Soluções Construtivas e Materiais de Bom Desempenho Acústico.....	45
3.3.3. Transmissão Marginal	49
3.3.3.1. Sons Aéreos.....	50
3.3.3.2. Sons Percussão	51
Capítulo 4 – Estudo de Caso.....	53
4.1. Considerações Gerais	53
4.2. Caracterização do Empreendimento.....	53
4.3. Critérios Regulamentares Objecto de Certificação	55
4.4. Análise ao Estudo de Caso.....	58
4.4.1. Zonamento do Empreendimento.....	64
4.4.2. Critérios dos Valores Limite de Exposição	66
4.4.3. Requisitos Acústicos dos Edifícios.....	68
4.5. Análise aos Ensaios	72
4.5.1. Isolamento Sonoro a Ruídos Aéreos Exteriores – $D_{2m,nT,w}$	72
4.5.2. Níveis de Avaliação no Interior dos Fogos - L_{Ar}	74
Capítulo 5 – Soluções ao Estudo de Caso.....	79
5.1. Introdução.....	79
5.2. Soluções a Ruídos Provenientes do Exterior.....	80
5.3. Soluções a Ruídos Provenientes do Interior.....	83
5.3.1. Solução Jn01	84

5.3.2. Solução Ve01	85
5.3.3. Solução Ta01	86
5.3.4. Solução Gr01	87
5.4. Quantificação das soluções.....	88
Capítulo 6 – Conclusão.....	90
6.1. Considerações Finais	90
6.2. Recomendações a trabalhos futuros	92
Referências Bibliográficas.....	93
Bibliografia	93
Anexos
Ficha Técnica da Tela Acústica Impersom.....	Anexo 1
Metodologia dos Ensaios Acústicos	Anexo 2
Plano Pormenor da Cidade do Porto.....	Anexo 3
Alvará de Construção do Edifício em Estudo.....	Anexo 4
Resultados dos Ensaios Acústicos	Anexo 5

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1. Directiva de Produtos de Construção	7
Figura 2.2. Percentagem de câmaras que aplicam e não aplicam o RRAE	8
Figura 2.3. Distribuição percentual sobre a forma de avaliação do cumprimento do RRAE	9
Figura 2.4. Situação em laboratório	11
Figura 2.5. Situação real	11
Figura 2.6. Origem dos sons aéreos	12
Figura 2.7. Origem dos sons de percussão.....	13
Figura 2.8. Transmissão Marginal	14
Figura 2.9. Situação perfeita para edifícios de habitação em meios urbanos com tráfego intenso	16

Capítulo 3

Figura 3.1. Escala Sonora	17
Figura 3.2. Fases de um Projecto de Condicionamento Acústico	19
Figura 3.3. Pormenor construtivo: separação entre habitações.....	26
Figura 3.4. Pormenor construtivo: separação entre compartimentos da mesma habitação	27
Figura 3.5. Potência sonora.....	29
Figura 3.6. Propagação de sons aéreos	31
Figura 3.7. Origem dos sons aéreos	31
Figura 3.8. Isolamento a sons aéreos de paredes simples.....	33
Figura 3.9. Esquema de funcionamento de uma parede dupla	34
Figura 3.10. Pormenor de parede dupla com isolamento para sons aéreos	36
Figura 3.11. Pormenor de parede simples com isolamento para sons aéreos.....	37

Figura 3.12. Pormenor de parede simples com isolamento para sons aéreos	38
Figura 3.13. Propagação de sons de percussão	41
Figura 3.14. Propagação de ruídos de percussão num edifício	43
Figura 3.15. Esquema de medição dos ruídos de percussão	44
Figura 3.16. Elemento de separação entre pisos com integração de corte elástico.....	46
Figura 3.17. Pormenor de pavimento com isolamento acústico a sons de percussão	47
Figura 3.18. Pormenor de pavimento com isolamento acústico a sons de percussão	48
Figura 3.19. Diferentes caminhos de propagação da energia sonora entre dois espaços adjacentes	49

Capítulo 4

Figura 4.1. Imagem da zona de implantação do empreendimento e das principais vias de tráfego envolventes	53
Figura 4.2. Pormenor construtivo de parede entre habitações de blocos diferentes	61
Figura 4.3. Pormenor construtivo da parede de separação entre habitações.....	62
Figura 4.4. Pormenor construtivo do pavimento (Pavimentos correntes)	63
Figura 4.5. Pormenor construtivo do pavimento (Pavimentos correntes R/C)	63
Figura 4.6. Pormenor construtivo do vidro previsto em projecto	64
Figura 4.7. Zonamento do empreendimento – Pisos 4 a 8	65
Figura 4.8. Zonamento do empreendimento – Pisos R/C a 3.....	65
Figura 4.9. Modelo de previsão do Ruído (alçado sul)	67
Figura 4.10. Modelo de previsão do Ruído (alçado norte)	68
Figura 4.11. Composição do vidro melhorado.....	72
Figura 4.12. Localização em planta dos pontos de medição ao nível da fachada do edifício	76

Capítulo 5

Figura 5.1. Organograma funcional de resolução dos problemas do ruído	80
Figura 5.2. Modelação do ruído proveniente da auto-estrada.....	81
Figura 5.3. Modelação do ruído proveniente da auto-estrada com barreira acústica	82
Figura 5.4. Pormenorização construtiva da solução Jn01	85
Figura 5.5. Pormenorização construtiva da solução Ve01	86
Figura 5.6. Pormenorização construtiva da solução Ta01	87
Figura 5.7. Pormenorização construtiva da solução Gr01	88

Lista de Tabelas

Capítulo 3

Tabela 3.1. Valores Admitidos na Envolvente Exterior	22
Tabela 3.2. Índice de isolamento a sons de condução aérea (interior/exterior)	22
Tabela 3.3. Índice de isolamento a sons de condução aérea (interior) entre o local e o quarto ou zonas de estar dos fogos.....	23
Tabela 3.4. Índice de isolamento a sons de percussão (interior) entre o local e o quarto ou zonas de estar dos fogos.....	23
Tabela 3.5. Nível de Avaliação, $L_{Ar,nt}$	24
Tabela 3.6. Níveis sonoros no interior	24
Tabela 3.7. Níveis sonoros no exterior.....	25
Tabela 3.8. Melhoria do isolamento acústico.....	28
Tabela 3.9. Isolamento aéreo por fachada.....	37
Tabela 3.10. Comportamento acústico dos vidros	39
Tabela 3.11. Transmissão Marginal.....	49

Capítulo 4

Tabela 4.1. Valores limite de exposição envolvente exterior	56
Tabela 4.2. Valores limite de exposição interior.....	57
Tabela 4.3. Nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$	57
Tabela 4.4. Níveis sonoros no exterior – Nível de avaliação, L_{Ar}	58
Tabela 4.5. Níveis sonoros no interior – Nível de avaliação, L_{Ar}	58
Tabela 4.6. Valores limite de exposição	66
Tabela 4.7. Isolamento sonoro a sons aéreos de elementos de fachada, normalizado, $D_{2m,n,w}$	69
Tabela 4.8. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, normalizado, $D_{n,w}$	69
Tabela 4.9. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, normalizado, $D_{n,w}$	70

Tabela 4.10. Isolamento sonoro a sons de percussão entre compartimentos, normalizado, $L'_{n,w}$	71
Tabela 4.11. Nível de ruído particular de equipamentos, L_{Ar}	71
Tabela 4.12. Verificação do comportamento do vidro colocado no edifício	73
Tabela 4.13. Valores de L_{Aeq} referentes à fachada do edifício	75

Capítulo 5

Tabela 5.1. Resumo das soluções a colocar no empreendimento	84
Tabela 5.2. Quantificação das soluções	89

Lista de Equações

Capítulo 3

3.1. Redução Sonora	33
3.2. Redução Sonora	33
3.3. Obrigação do espaçamento mínimo	34
3.4. Isolamento sonoro	34
3.5. Isolamento sonoro de um elemento.....	44
3.6. Isolamento sonoro tendo em conta a Transmissão Marginal	50

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Introdução

Nas últimas décadas, o homem tem vindo a preocupar-se com a problemática do ruído, não só pela qualidade de vida que daí advém, mas também pelos benefícios na saúde e no bem-estar que uma habitação com qualidade acústica pode trazer.

Por razões de desconhecimento por parte das entidades projectistas, as paredes das habitações não eram pensadas com o pormenor de permitir um bom isolamento acústico, através por exemplo da simples colocação de painéis com grau de isolamento acústico elevado ou até a falta de ligação das paredes interiores às lajes de maneira a evitar a propagação do ruído pelo esqueleto do edifício. Estas eram situações que até há bem pouco tempo não eram analisadas o que resultava em pormenores construtivos de fraca qualidade “acústica”.

Com o desenvolvimento da legislação vieram as preocupações, e hoje em dia já se encontram vários edifícios de habitação onde no caderno de encargos e nos pormenores construtivos existe ênfase relativo à parte de acústica.

As condições que influenciam o conforto acústico dependem de certas características individuais de cada ser humano e do ambiente envolvente incluindo-se a aproximação a aeroportos, vias com tráfego intenso e edifícios de domínio industrial passíveis de provocarem ruído permanente.

Actualmente, tornamo-nos exigentes quanto à qualidade de vida, reflectindo-se na necessidade permanente de sentir conforto acústico e qualidade do ruído ambiente, tanto nos locais que habitamos, como onde trabalhamos, sítios esses onde passamos muitas horas das nossas vidas. Para obter este conforto, não necessitamos obrigatoriamente de prejudicar a nossa saúde nem gerar gastos excessivos ou tão pouco agredir o meio ambiente, pois basta que para isso seja desenvolvido um conjunto de critérios que definam a estrutura construtiva e a respectiva barreira anti-ruído que um edifício necessita para evitar essas agressões ao ser humano.

1.2.Motivação

Em Portugal até há bem pouco tempo ainda não existia uma pressão por parte dos promotores ou donos de obra para que a construção tivesse níveis de isolamento acústico adequados às necessidades da população ou que, no mínimo, respeitasse a legislação em vigor. Parte deste acto deve-se ao facto da fiscalização não ser exigente, na obrigação de existirem ensaios acústicos após a construção de um edifício ou de pelo menos existir um bom projecto de condicionamento acústico, razão pelo qual as entidades técnicas de elaboração do projecto vão ignorando.

Hoje em dia já se encontram no mercado projectos de condicionamento acústico, mas ainda se está a caminhar para que a acústica seja visto como um problema e não como uma obrigação, por parte de todas as entidades.

A Acústica nos edifícios terá um longo caminho a percorrer até que chegue ao patamar que neste momento a Térmica dos edifícios apresenta em Portugal. Entende-se que, por isso, que este será o objectivo a que todas as entidades deveriam tentar atingir no mais curto espaço de tempo, impedindo assim que a construção em Portugal continue a seguir por caminhos onde o maior prejudicado deste problema é o ser humano.

Na presente tese é analisado um edifício de habitação com data de conclusão de 2009, a nível do seu comportamento acústico. Após a análise realizada aos ensaios irá efectivar-se uma proposta de várias soluções construtivas tendo como finalidade a atenuação do ruído no interior da habitação e tendo sempre em consideração os níveis máximos regulamentares.

1.3. Objectivos

Com a necessidade de demonstrar o nível de exigência dos regulamentos que se baseiam na acústica e no ruído, este trabalho visa essencialmente numa construção actual e com necessidades de garantir um bom comportamento acústico, tanto a nível legal como a nível do ambiente acústico tendo sempre em consideração o bem-estar do utilizador.

O principal objectivo deste trabalho é a avaliação do impacto do regulamento acústico na construção. Para isso aplica-se o Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios [Decreto-lei nº 96/2008] (RRAE) num edifício de habitação numa zona urbana e com bastante tráfego rodoviário.

Pretende-se analisar os ensaios realizados para a obtenção do certificado acústico bem como possíveis correcções a níveis construtivos para melhorar a performance acústica do edifício.

1.4. Organização do trabalho

Esta dissertação tem o intuito de analisar todo o enquadramento de um projecto acústico de um edifício de habitação de construção recente (2009), desde o ante projecto até aos ensaios acústicos para obtenção da licença de utilização da habitação. Para o efeito, o trabalho foi estruturado em seis capítulos, descrevendo-se em seguida os seus conteúdos.

O Capítulo 1 é feito um primeiro enquadramento de toda a tese, o objectivo a que este trabalho se propõe e as motivações a levaram a realizar o mesmo. O Capítulo 2 contém uma breve referência ao estado do conhecimento a nível da acústica na construção, enquanto o conteúdo do Capítulo 3 abrange os requisitos acústicos regulamentares, uma breve referência ao tema da acústica e ainda referências a pormenores construtivos mais adequados para a construção actual.

O Capítulo 4 deste trabalho aborda o estudo de caso, as soluções construtivas que foram utilizadas nesta edifício de habitação, bem como valores dos ensaios acústicos executados. Neste capítulo são abordados ainda todos os pontos do processo de um projecto de condicionamento acústico. No Capítulo 5 consta a descrição de soluções que minimizam o ruído no interior da habitação.

O Capítulo 6 é reservado à redacção das conclusões referentes a todo o trabalho realizado, indicando possíveis desenvolvimentos futuros para melhorar o comportamento acústico das construções futuras em Portugal.

Capítulo 2 – Estado do Conhecimento

2.1. Introdução

A evolução histórica da acústica revela um repositório longo de comunicação e colaboração interdisciplinar. A Acústica é sem duvida uma ciência transversal a vários domínios do conhecimento e a sua integração ao nível da engenharia encontra-se perfeitamente estabelecida dados os conhecimentos e meios técnicos disponíveis.

A área da Acústica esteve ligada, desde muito cedo, ao sector da edificação urbana, e, em especial, aos requisitos de qualidade da construção. Nos últimos anos, a sociedade começa a tomar consciência do problema do ruído como um mal social. Esta consciencialização produz-se como consequência da necessidade primária do conforto que o ser humano necessita para a sua saúde e bem-estar.

O ruído é um dos principais factores que afectam o ambiente urbano, contribuindo de um modo particular para a degradação da qualidade de vida dos cidadãos. Os problemas que lhe estão associados resultam, na maior parte dos casos, de utilizações conflituosas de espaços comuns ou de zonas contíguas, e a sua resolução requer aproximações integradas e fortemente articuladas com o ordenamento do território e com a gestão dos espaços públicos.

As origens do ruído podem ser várias, como o tráfego, as obras, os estabelecimentos industriais, estabelecimentos de comércio, serviços e outras actividades cujo funcionamento - muitas vezes no período intermédio (20:00h - 0:00h) e nocturno (0:00h - 7:00h) - afecta o bem-estar das populações residentes nas suas proximidades.

No nosso país, a poluição sonora constitui a causa da maior parte das reclamações ambientais e a análise dos dados disponíveis indica que a situação se agravou nos últimos anos. Num levantamento recentemente efectuado pela *Direcção Geral do Ambiente* (DGA) concluiu-se que 16% da população portuguesa se encontra exposta a ruído incomodativo por residir em locais com níveis superiores a 65 dB (A). [Direcção Geral do Ambiente, 1999-B]

Segundo o Relatório do Estado do Ambiente de 1999, um estudo efectuado pela DGA durante 1996, sabe-se que quase 3 milhões de pessoas (30% do total da população

residente em Portugal) são afectadas pelo ruído de tráfego, nomeadamente pelo do tráfego rodoviário, com níveis de exposição no período diurno superiores a 55 dB(A). A maioria destes casos ocorre nos centros urbanos e em zonas próximas das vias com tráfego intenso. Segundo o mesmo estudo o tráfego ferroviário afecta cerca de 10 vezes menos pessoas (300 mil pessoas) que o tráfego rodoviário, com valores diurnos superiores a 55 dB(A), relação esta que se verifica também para o tráfego aéreo [Direcção Geral do Ambiente, 1999-B].

Para que o bem-estar das populações não seja afectado constantemente é necessário criar um conjunto de soluções de minimização do ruído e principalmente respeitar a legislação em vigor, que apesar de não ser ainda uma legislação exigente é necessário que seja respeitada nas novas construções.

É neste ponto que as entidades fiscalizadoras, projectistas e entidades certificadoras acústicas poderão intensificar o seu papel devido à maior parte das habitações ainda não serem fiscalizadas tendo em conta a legislação em vigor, não pelo teor da legislação mas sim pelas entidades certificadoras acústicas e entidades camarárias cuja exigência necessita de ser incrementada.

2.2. Enquadramento legal

A nível da legislação a Acústica em Portugal, apesar do surgimento de novos diplomas, esta não ainda tão exigente como deveria ser, pois o objectivo principal é a defesa da saúde do ser humano. A Acústica na construção tem vindo a tornar-se num critério de escolha por parte utilizador, portanto o desenvolvimento desta característica tem vindo cada vez mais a ser apreciada por parte dos projectistas e donos de obra. Para que tal aconteça é necessário acima de tudo cumprir a legislação, o que por vezes pode não acontecer devido ao desempenho das entidades fiscalizadoras que têm poder de decisão em termos da utilização do edifício.

Em Portugal, o primeiro regulamento geral sobre o ruído (Decreto-Lei nº 251/87 de 14 de Junho), designado por *Regulamento Geral do Ruído* (RGR), entrou em vigor em 1 de Janeiro de 1988. Este regulamento continha disposições relativas às várias áreas em que a

componente ruído constituía matéria relevante, nomeadamente as que se relacionavam com zonamentos acústicos para efeitos de integração urbanística, com as condições relativas à observação de limites de exposição ao ruído em locais de trabalho e com exigências visando a estabelecimento de requisitos de isolamento sonoro e de conforto acústico adequado nos edifícios.

Independentemente das alterações e revogações pontuais entretanto havidas, este regulamento foi substancialmente alterado com a publicação, em 14 de Novembro de 2000, do *Regime Legal sobre a Poluição Sonora* (RLPS) [Decreto-lei nº 292/2000], que entrou em vigor em 11 de Maio de 2001.

O *Regime Legal sobre a Poluição Sonora*, também designado por *Regulamento Geral do Ruído* (RGR), aquando da sua publicação, ao revogar o supra referido regulamento de 1987, consagrou um novo princípio de abordagem no capítulo do ruído, na medida em que efectivou a separação entre o ruído ambiente e o condicionamento dos edifícios, através de normativos distintos, remetendo, na altura, esta última, para legislação específica a publicar futuramente, devendo-se, até que essa publicação se tornasse efectiva, observar o disposto nos artigos 6.º a 9.º do RGR [Decreto lei nº 9/2007].

Finalmente, em 11 de Maio de 2002, foi publicado o *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE) [Decreto lei nº 129/2002], aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002, o qual entrou em vigor em 10 de Julho do mesmo ano, tendo-se, assim, a partir desta data, um corpo legislativo coerente. Este regulamento destina-se especificamente às exigências a observar nos edifícios em termos de isolamento sonoro de envolventes exteriores e de compartimentação interior, assim como ao estabelecimento de condições de conforto adequadas, relativamente ao ruído dos equipamentos e das condições de reverberação em espaços específicos.

Todavia o RRAE [Decreto lei nº 96/2008] exige uma verificação de conformidade *in situ*, após a conclusão do edifício. No entanto, no sentido de assegurar essa conformidade, na fase de projecto deverão ser verificados os pressupostos de dimensionamento consistentes com aquele objectivo. [Patrício, Jorge Viçoso (2007)]

É também de salientar ainda que existe uma directiva europeia da construção civil, que faz referência aos produtos de construção [Directiva 89/106/CEE], na qual são mencionados os

principais factores a ter em consideração na composição de um material para utilização numa obra destinada a uso Humano. De entre esses factores, apresentados na Figura 2.1, é de destacar um factor que no âmbito desta tese será de relevar perante os restantes: a protecção contra o ruído.

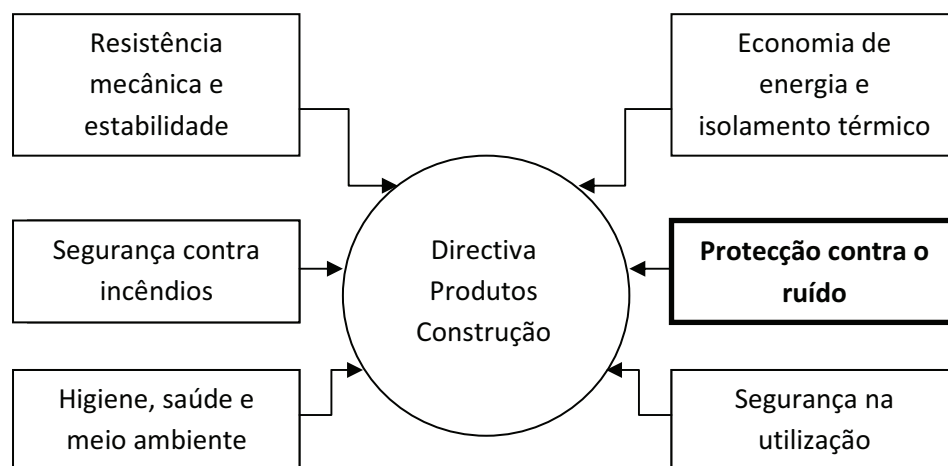


Figura 2.1. Directiva de Produtos de Construção. [Directiva 89/106/CEE]

No que concerne aos requisitos que se mantêm, em termos de isolamentos sonoros e de níveis de avaliação, os parâmetros associados a essas limitações foram alterados, passando a nova legislação a utilizar parâmetros padronizados, isto é, o cálculo dos valores de um compartimento tanto o isolamento de sons aéreos como a sons de percussão, estes tornaram-se mais exigentes, sendo que isso só é verídico na construção de compartimentos com áreas entre 10 m² e 200 m², que na generalidade é onde se enquadra a construção típica Portuguesa. [Roxo, V. *et al.* (2008)]

2.3. Implementação da Legislação em Portugal

Segundo estudo realizado pelo LNEC [Patrício, Jorge Viçoso (2005)], um inquérito realizado em 2005 a 107 câmaras municipais de um universo de 308 existentes no país foi efectuada a seguinte pergunta “Encontra-se a câmara municipal a exigir o cumprimento do RRAE?”, à qual cerca de 75% respondeu que exige o cumprimento do *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE) conforme se verifica na Figura 2.2.

No mesmo estudo chegou-se à conclusão que nesses 75% das entidades que aplicam o RRAE têm várias formas de avaliar a Acústica no Edifício, sendo que 10% é com base em medições (ensaio acústico), 74% com base no projecto e 11% em ambos os casos (v. Figura 2.3).

Analisando a Figura 2.3. verifica-se que o *Projecto de Condicionamento Acústico* (PCA) tem um papel importante na certificação acústica de um edifício, e cabe ao projectista realizar um bom PCA para que mesmo que não existam ensaios acústicos este cumprir o mínimo necessário, ou seja, cumprir o RRAE.

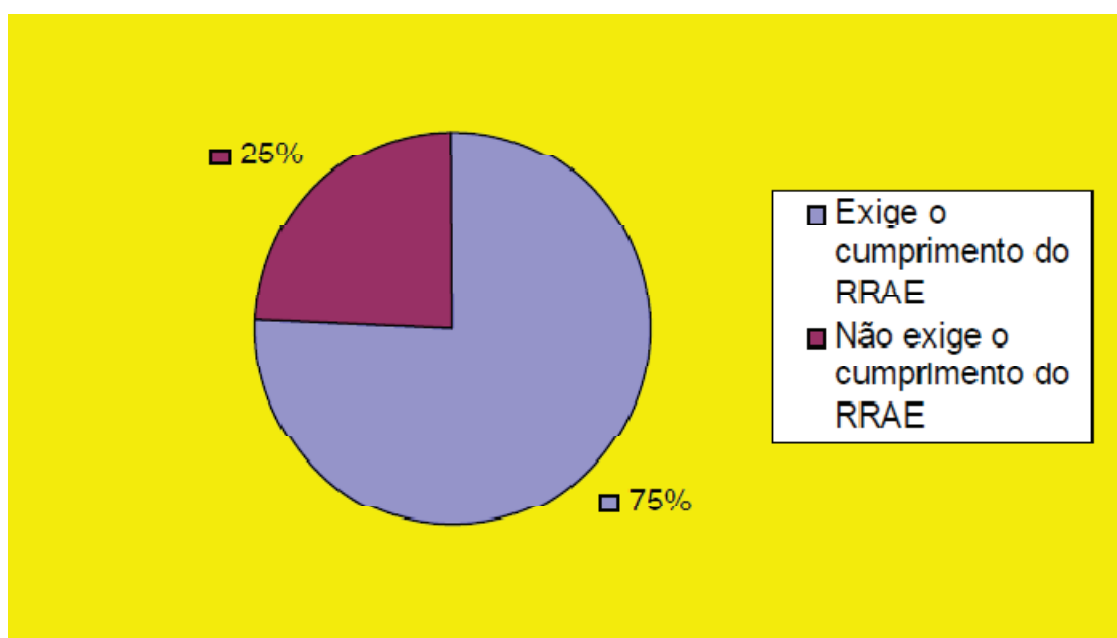


Figura 2.2. Percentagem de câmaras que aplicam e não aplicam o RRAE [Patrício, Jorge Viçoso (2005)].

No entanto, segundo Calejo [Calejo, R. (2008)], os projectos de condicionamento acústico não estão tipificados nem no conteúdo nem no modo de organização. Acresce ainda que, em termos regulamentares, no RRAE e no RGR não se estabelecem metodologias de cálculo/modelação, mas apenas valores de desempenho a comprovar por medição no local.

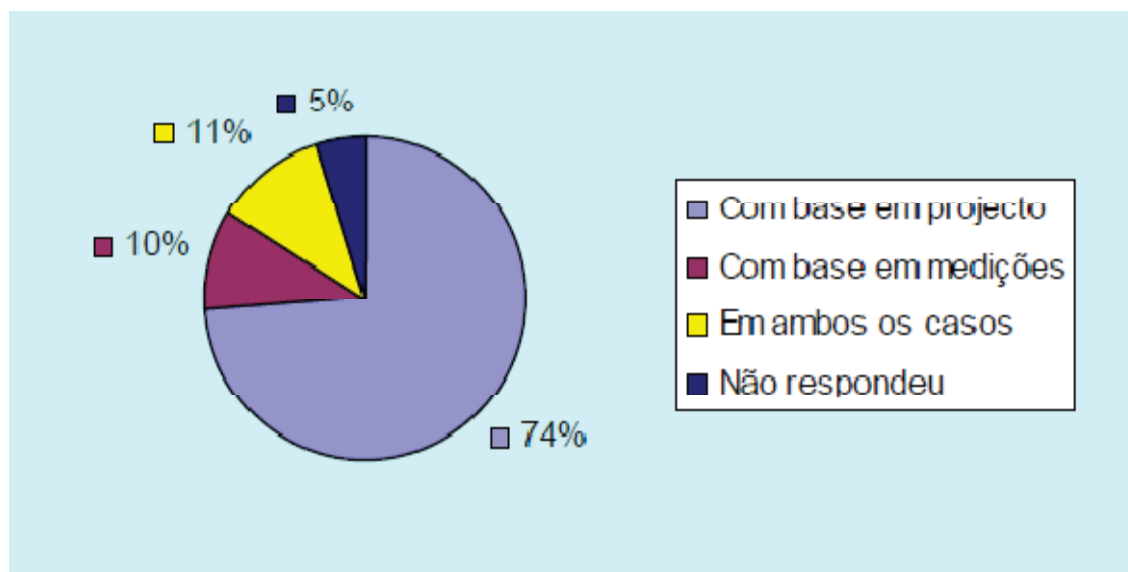


Figura 2.3. Distribuição percentual sobre a forma de avaliação do cumprimento do RRAE [Patrício, Jorge Viçoso (2005)].

Como tal, é necessário clarificar qual a definição, conteúdo e estrutura a que deve obedecer um *Projecto de Comportamento Acústico* (PCA), sob pena de se instruírem processos de licenciamento com documentação incipiente impedindo dessa forma a satisfação do controlo prévio (artigo 12º) que em sede da regulação da produção do ruído (Capítulo 3 do RGR) é acometido aos municípios.

2.4. Conforto Acústico

Durante o projecto do edifício não é raro que as questões de conforto fiquem em segundo plano. Muitas vezes, somente depois do edifício pronto e em utilização, é que essas questões passam a ser mencionadas e geralmente, pelo utilizador. Porém, depois de prontas as habitações, torna-se mais difícil, dispendioso ou impossível de se realizar as devidas adequações para atingir as condições mínimas de conforto. Geralmente os utilizadores de um edifício têm como queixas principais o desconforto acústico gerado pelos utilizadores vizinhos ou pelo local onde o edifício se insere. Esse desconforto reflecte a necessidade de haver um bom isolamento acústico aos sons aéreos entre unidades residenciais e entre ambientes internos da mesma unidade residencial.

Também é desejável um bom isolamento quanto ao ruído de percussão, para que esse tipo de ruído não crie níveis que causem desconforto para os utilizadores das habitações contíguas à habitação em questão. Finalmente, destaca-se a importância de um bom isolamento ao ruído aéreo das fachadas, a fim de que o ruído ambiental não “invada” os ambientes internos das unidades residenciais, incomodando os seus moradores.

2.5. A Acústica nos Edifícios

Um dos factores determinantes na escolha de um espaço para residir ou trabalhar é o nível de ruído. O conforto acústico exerce actualmente uma enorme influência sobre o bem-estar e capacidade de concentração dos utilizadores de um edifício.

As necessidades acústicas de uma infra-estrutura podem ser definidas ainda na sua fase de construção. Para determiná-las deve recorrer-se a mapas de ruído, instrumentos produzidos pelas autarquias que, concomitantemente com a definição administrativa de zonamento acústico, são tidos com ferramentas privilegiadas de planeamento e gestão do uso de solo.

Segundo Jorge Patrício, “Caso este instrumento não exista, deve ser desenvolvido um processo de simulação do ruído ambiente estabelecido, com base em modelos de cálculo automático, que cumpram o disposto no Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho (transposição da Directiva Europeia 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente) ”. [Patrício, Jorge Viçoso (2005)].

A determinação das necessidades acústicas de um edifício é um passo importante para o cumprimento das exigências mínimas constantes na regulamentação aplicável à acústica de edifícios. Segundo Jorge Patrício, esses requisitos contemplam “o isolamento sonoro entre fracções, tanto a sons aéreos como de percussão, assim como em relação ao exterior, e o ruído proveniente do funcionamento de equipamentos de carácter colectivo, tais como elevadores, bombas sobrepessoras ou instalações”. [Patrício, Jorge Viçoso (2005)]

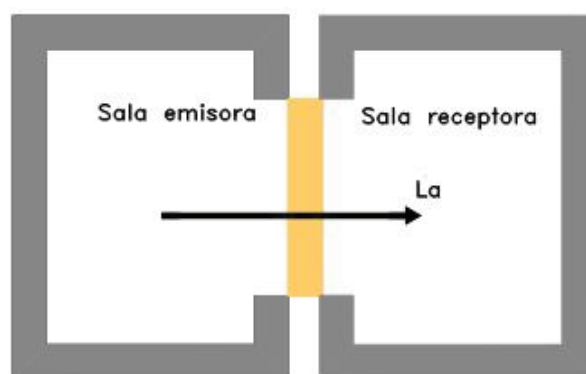


Figura 2.4. Situação em laboratório [Cotas, Ennio Cruz da (2003)]

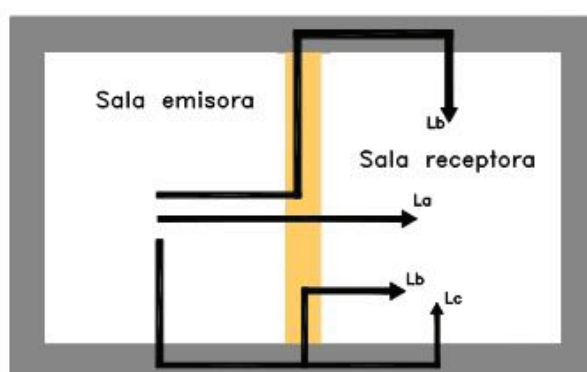


Figura 2.5. Situação real [Cotas, Ennio Cruz da (2003)]

Para a determinação da fonte de ruído é necessário ter em atenção que nem sempre os ensaios podem ser realizadas em laboratório, pois os vários percursos que o ruído poderá percorrer estão longe de ser obtidos em laboratório conforme é visível na simulação da Figura 2.4 e 2.5.

2.5.1. Tipos de sons aéreos

Um dos aspectos mais importantes no conforto acústico de um edifício é o isolamento a sons aéreos, tanto das fachadas como entre compartimentos da mesma habitação. Assim sendo, é importante que na fase de estudo do edifício (projecto) seja feito um estudo de toda a envolvente para que na fase de concepção, as fachadas e elementos interiores satisfaçam os requisitos mínimos a que a legislação obriga.

Essencialmente importa referir que os sons aéreos podem ter origem tanto no interior como no exterior de um edifício através da propagação do ruído pelo ar.

Como se pode verificar na Figura 2.6., os sons aéreos ter várias origens para as quais, existe um solução construtiva diferente. Com base nestas origens os projectistas têm que criar soluções construtivas de garantia de qualidade acústica ao edifício de maneira a que o RRAE seja satisfeito.

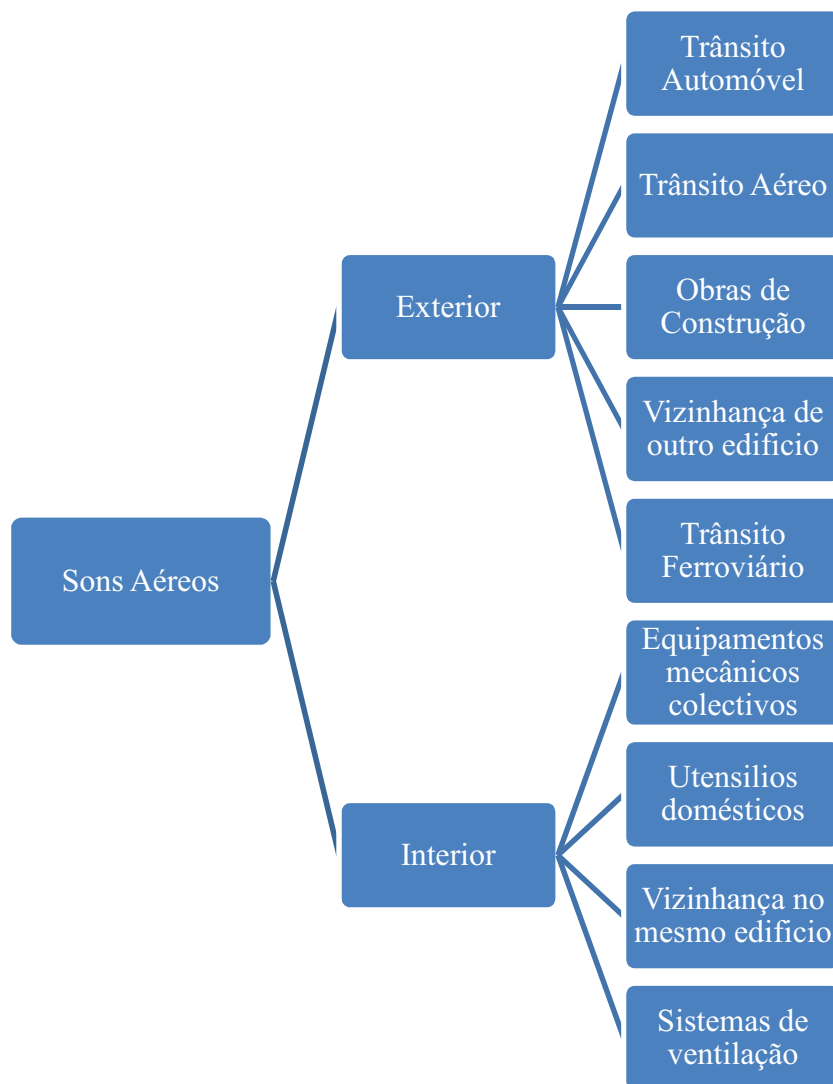


Figura 2.6. Origem dos sons aéreos

Conforme se verifica no RRAE, importa definir para obtenção das soluções construtivas, dois índices de isolamento a sons aéreos, sendo eles:

- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e o interior do edifício;
- Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos do edifício.

2.5.2. Tipos de sons de percussão

A grande diferença entre os sons de condução aérea e os sons de percussão é que estes últimos praticamente só têm origem no interior do edifício, porque são provenientes dos ruídos que se propagam pela estrutura do edifício. Conforme se vê na Figura 2.7, chega-se à conclusão que para combater este tipo de ruído, terá que se combater o ruído directamente na zona de impacto, o que só poderá ser ou em pavimentos ou paredes.

Assim sendo no pavimento terá que existir uma camada de separação resiliente entre a laje de betão e a betonilha de regularização. No caso das paredes sendo mais complexo, passa também pela colocação de uma tela resiliente na separação da parede com a laje.

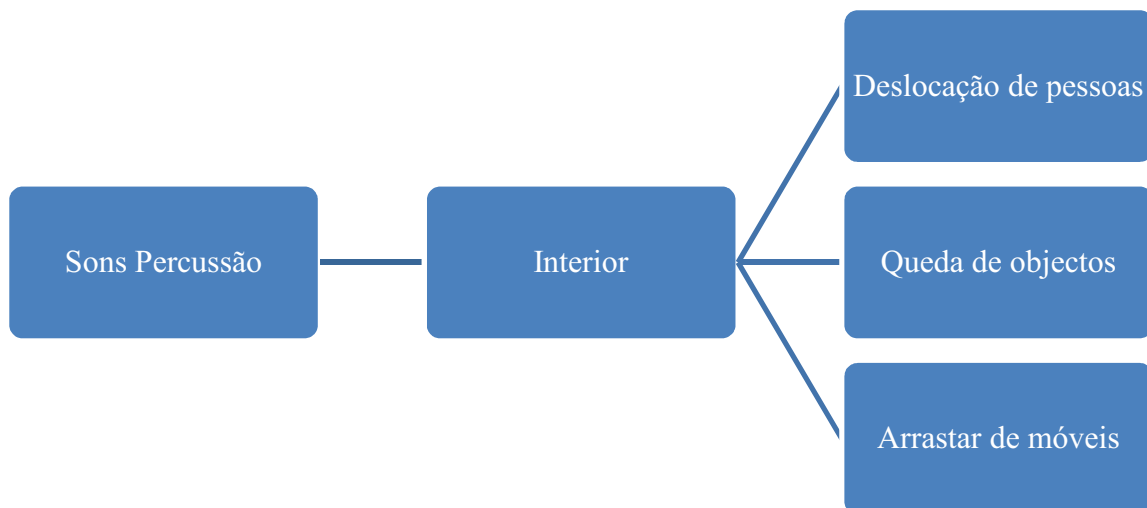


Figura 2.7. Origem dos sons de percussão

2.5.3. Transmissão Marginal

A transmissão marginal que pode ocorrer entre dois espaços adjacentes (emissão e recepção), processa-se em diferentes tipos de caminhos de propagação de energia sonora provenientes de sons aéreos e sons de percussão como se pode verificar na Figura 2.8.

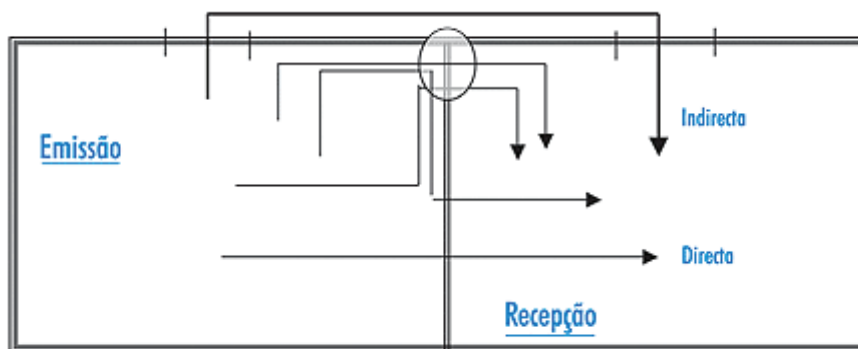


Figura 2.8. Transmissão marginal [URL 1]

Esta transmissão só é efectivamente contabilizada, nos índices de isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão, quando da realização de ensaios em obra. Portanto, só se poderá quantificar as eventuais transmissões marginais de um edifício quando este estiver próximo de ser utilizado, sendo que em laboratório se considera que com diferentes níveis de isolamento sonoro assim se associa o valor da transmissão marginal. Como se verifica de seguida, os valores de transmissão marginal que se associa são os seguintes:

- $R_w \leq 35 \text{ dB} \rightarrow \text{T.M.} = 0 \text{ dB};$
- $35 < R_w \leq 45 \text{ dB} \rightarrow \text{T.M.} = 3 \text{ dB};$
- $45 < R_w \leq 55 \text{ dB} \rightarrow \text{T.M.} = 4 \text{ dB};$
- $R_w > 55 \text{ dB} \rightarrow \text{T.M.} = 5 \text{ dB ou mais.}$

2.6. Material isolante acústico

O conforto acústico nas nossas casas é uma condição importante a procurar alcançar para o nosso bem-estar, a nossa saúde e, consequentemente, para a nossa longevidade. O desconforto acústico tem uma enorme influência sobre a nossa capacidade de concentração, condicionando, consequentemente a nossa produtividade.

O projectista acústico, especialista ou consultor, constitui um elemento essencial a integrar na equipa de projecto. A fase de projecto em que o diálogo deve ser iniciado com este especialista é a fase de anteprojecto – ou ainda mais cedo, nos casos em que faltem metas pré-definidas de desempenho na área do conforto acústico.

No processo conceptual do edifício existem dois momentos que determinam fortemente o conforto acústico: o primeiro quando se decide a localização e a orientação do edifício, (sendo esta a escala do planeamento em que é possível evitar a exposição ao ruído e prevenir o seu impacto sobre os utilizadores finais); o segundo momento quando se definem as características de construção de toda a envolvente, pois através dela pode reduzir-se o impacto do ruído nos utilizadores finais.

As actividades humanas (especialmente nas cidades onde são mais intensas) são caracterizadas por elevados níveis de ruído, provenientes de uma vasta diversidade de fontes, mas, na sua grande maioria, o ruído na cidade é causado pelo tráfego (um dos principais causadores de ruído urbano). A forma dos edifícios, os materiais e as texturas que os revestem, a relação volumétrica entre eles, a proximidade de arruamentos e outros canais de tráfego urbano amplificam ou atenuam o ruído.

Quem planeia o espaço urbano define automaticamente muitos dos parâmetros que determinam a qualidade acústica que este depois, proporciona aos seus utilizadores. É certo que há áreas na cidade, em que os usos dominantes toleram níveis mais elevados de ruído do que outras. Em contextos urbanos destinados também ao uso habitacional, é essencial que o ruído seja menos intenso, porque os utilizadores dos edifícios carecem de condições de conforto acústico que promovam saúde e bem-estar e que lhes permitam desenvolver as suas actividades de uma forma digna e confortável. Sempre que possível, é importante orientar os edifícios habitacionais para espaços públicos nos quais o nível de ruído seja menos intenso.

Desta forma, os espaços de escritórios (edifício laranja da Figura 2.9) protegem o uso habitacional (edifício amarelo da Figura 2.9) das fontes de ruído da via com tráfego intenso. Na atenuação e redução do ruído proveniente do exterior, o papel da envolvente do edifício continua, sem dúvida, importante sem poderem ser esquecidas as características do clima local que permitam às pessoas ter contacto directo com o exterior durante uma parte

considerável do ano, donde a importância que, também com janelas abertas, se mantenham reunidas condições razoáveis de conforto acústico.

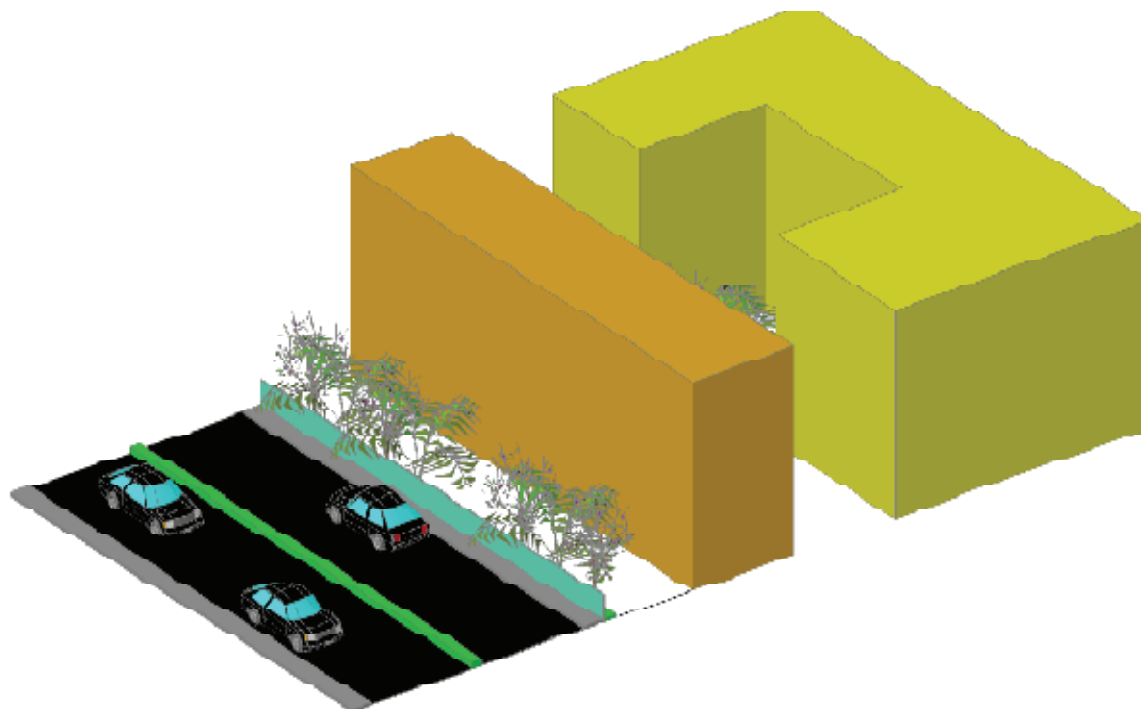


Figura 2.9. Situação perfeita para edifícios de habitações em meios urbanos com tráfego intenso.

Existem outros factores que podem atenuar os ruídos provenientes da envolvente, como as texturas presentes na “pele” dos edifícios e a vegetação existente (v. Figura 2.9). Assim, é possível criar espaços de lazer exteriores que ofereçam aos ocupantes algum conforto acústico, apesar da envolvente ser ruidosa. Outros ruídos que associamos profundamente com a natureza (como o da água em movimento) são utilizados para camuflar os ruídos de trânsito em espaços públicos centrais.

Capítulo 3 – Isolamento Acústico em Edifícios

3.1. Introdução

Estudos recentes demonstram que uma das principais qualidades que o público valoriza, ao adquirir nova habitação, é o respectivo nível de conforto acústico e térmico. O conforto acústico que se pretende adquirir obriga a que o projecto na fase de estudo seja mais aprofundado de maneira a satisfazer os requisitos mínimos da legislação em Portugal. Até há pouco tempo a acústica não era um factor de importância tanto para o gestor de projecto ou dono de obra como para o empreiteiro que se limitava a construir de forma económica o que constava no caderno de encargos, ou seja, apenas desenvolvia o projecto que lhe era adjudicado.

Os sons podem ter origem no interior do edifício ou no exterior dependendo da envolvente no qual está inserido. Acusticamente, dentro de uma habitação o som pode ter origem de variadas formas no qual se dividem em sons aéreos e sons de percussão como já foi referido no Capítulo 2.



Figura 3.1. Escala sonora. [URL 3]

Na Figura 3.1, apresentam-se valores de níveis sonoros característicos de diversos locais, onde se verifica que qualquer valor superior a 50 dB(A) não é aceitável pelo corpo humano, mas ter valores não superiores a 50 dB(A) numa malha urbana é praticamente impossível a não ser que se faça esforços no sentido de reduzir a poluição sonora, com técnicas que ainda não estão assimiladas em Portugal.

Segundo o relatório do estado do ambiente [Direcção Geral do Ambiente (1999-B)], no nosso país a poluição sonora constitui a causa da maior parte das reclamações ambientais e a análise dos dados disponíveis indica que a situação se agravou nos últimos anos. Num levantamento efectuado pela *Direcção Geral do Ambiente* (DGA) [Direcção Geral do Ambiente (1999-A)] conclui-se que 16% da população portuguesa se encontra exposta a ruído incomodativo por residir em locais com níveis superiores a 65 dB (A), ruídos esses provenientes do exterior.

Analisando o relatório citado anteriormente chega-se à conclusão de que a análise da envolvente onde um empreendimento irá ser inserido é o primeiro factor a que o projectista deverá ter em consideração, tendo para isso que consultar por exemplo os mapas de ruído da zona no qual se pode ter acesso nas Câmaras Municipais.

Para minimizar a exposição a que o público está sujeito numa habitação em termos de ruído, é necessário que exista um estudo aprofundado do projecto a nível acústico, como existe por exemplo no caso da parte estrutural de um empreendimento.

Apesar de já existirem projectos de acústica associados a novos empreendimentos, é necessário que esses projectos sejam analisados com espírito crítico já que os mesmos são elaborados através de *software* próprio (por exemplo, CYPE) não tendo em atenção a envolvente em que o empreendimento está inserido.

Apesar de um *Projecto de Condicionamento Acústico* (PCA) de um edifício ter o seu processo normal tanto de estudo e execução como de licenciamento (v. Figura 3.2), não deixa de ser desenvolvido como o modelo geral de um projecto, ou seja, onde estão inseridas as fases do programa preliminar, programa base, estudo prévio, anteprojecto ou projecto base e projecto de execução.

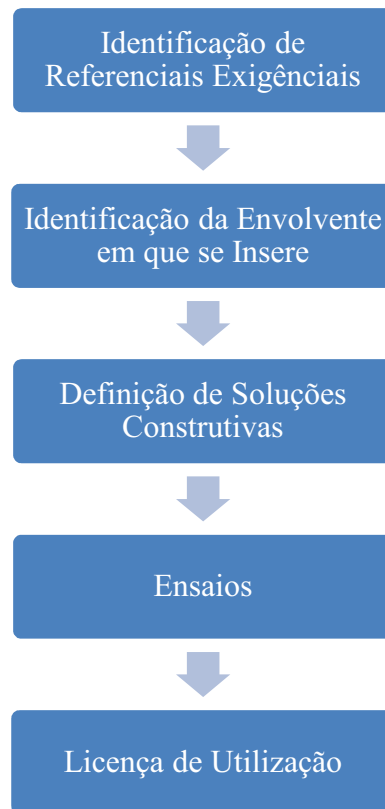


Figura 3.2. Fases de um Projecto de Condicionamento Acústico.

De uma maneira geral existem três sectores que são intervenientes na acústica dos edifícios em Portugal:

- Grupos baseados na questão financeira que não demonstram interesse pela questão do comportamento acústico, que não é encarada como uma mais-valia para a venda;
- Grupos técnicos que vão resolvendo as situações de acústica recorrendo a produtos com especificações acústicas, que nem sempre são o suficiente para satisfazer os requisitos mínimos para as necessidades humanas;
- Grupos técnicos especializados que levam o processo do ruído como uma preocupação, e que produzem e verificam projectos com a finalidade não só de satisfazer os requisitos mínimos da legislação, mas também de dar um conforto ao morador.

Os intervenientes na construção têm responsabilidades que são definidas pelos contratos, regulamentos e pela legislação em geral ou específica em qualquer fase do projecto. Na

fase de estudo de um projecto (todas as outras fases ficam dependentes de um bom estudo do projecto) os responsáveis são o gestor de projecto e o dono de obra.

Na fase de execução do projecto os principais intervenientes passam a ser as construtoras, fornecedores de materiais e o dono de obra. O dono de obra é sempre a principal “figura” de todo o processo, por isso aparece em todas as etapas do projecto.

No que concerne ao *Projecto de Condicionamento Acústico*, deverá ser evidenciada a satisfação dos requisitos legais que definem a envolvente regulamentar aplicável, isto é, demonstrado que as medidas de condicionamento propostas asseguram a satisfação dos requisitos legais; considerar, nomeadamente, o que se referiu a propósito do estudo prévio no que respeita à propagação de ruído para zonas vizinhas (alterações componente acústica do ambiente) e demais requisitos indicados no quadro legal aplicável. [Silva, P. Martins da (2009)]

Nem todos os gestores de projecto ou donos de obras estão disponíveis para ter custos associados a um bom *Projecto de Condicionamento Acústico* (PCA). Assim sendo, é necessário que as entidades responsáveis pelas inspecções finais e pareceres das licenças de utilização assumam aí um papel fundamental, exigindo um relatório acústico por empresa certificada no sector de maneira a que se existirem erros de construção sejam minimizados antes de um futuro morador habitar a unidade habitacional que adquiriu.

No processo construtivo de edifícios o critério acústico deve ser tido em conta desde a definição do programa e dos primeiros esboços. Refira-se que previamente à elaboração dos projectos dos edifícios e aquando da elaboração dos diversos planos com progressivo grau de pormenor este factor deverá ter um peso significativo, em virtude de se ter como consensual a necessidade de uma envolvente sonora com nível de pressão sonora baixo como factor determinante de agradável vivência. Muito frequentemente este critério apenas é abordado quando o processo construtivo já se encontra terminado e o edifício entrou em funcionamento.

À semelhança das outras especialidades, também se pode considerar que mesmo tardiamente as deficiências poderão ser resolvidas. No entanto é de realçar que, sempre que um problema surge nesta situação, os custos para a resolução são tanto mais graves quanto mais tardiamente aparece e ainda mais morosa se torna a sua rectificação.

No que respeita ao desempenho acústico, as deficiências tornam-se aparentes desde o início da utilização. Segundo P. Martins da Silva “quando não haja ocupação de fracções contíguas, em particular se destinadas a usos comerciais, poderá ser adequado o recurso a uma análise quantificada de isolamentos sonoros, um pequeno investimento, com “rentabilidade” potencial elevada”, quer isto dizer que a realização de ensaios acústicos antes de um morador utilizar a sua habitação será a melhor solução para evitar problemas que se poderão traduzir em custos muito superiores no futuro. [Silva, P. Martins da (2009)]

Os *Projectos de Condicionamento Acústico* de edificios constituem uma fase importante na construção civil, porque através dos mesmos se encontram características construtivas e específicas que podem assumir um papel fundamental no sucesso do edificio, tendo em conta que deverão respeitar uma série de requisitos funcionais, em particular os da legislação que traduzem a quantificação das exigências a exprimir no projecto. [Silva, P. Martins da (2009)]

Portanto em conclusão verifica-se que a realização de ensaios acústicos é um factor importante na fase de conclusão de um empreendimento. É verdade que para o caso de construções unifamiliares (por exemplo moradias) o caso não será tão grave pois aí deverá ficar da responsabilidade da câmara municipal exigir ou não ensaios acústicos.

3.2. Exigências da Legislação

Como em qualquer especialidade a legislação assume um papel fundamental na obrigação do cumprimento de critérios na construção. O Decreto-lei n.º 292/2000, de 14 de Novembro, *Regulamento Geral do Ruído* (RGR), pode ser encarado como um referencial, sob o ponto de vista do estabelecimento de exigências funcionais, para o caso concreto do comportamento dos edificios em relação ao ruído. O estabelecimento de mínimos deve ser entendido na elaboração de exigências funcionais.

O RGR tal como é mencionado no art.º 1.º n.º 2, aplica-se ao ruído de vizinhança e às actividades ruidosas, permanentes e temporárias, susceptíveis de causar incomodidade, nomeadamente: a implantação (será a situação do estudo de caso do Capítulo 4), construção, reconstrução, ampliação e alteração da utilização de edificios.

Face ao disposto anteriormente, o articulado legal que enquadra as exigências legais a observar por um edifício desta natureza encontra-se aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000 e é oficialmente denominado *Regulamento Geral do Ruído* (RGR). Salienta-se, atendendo à potencial importância para o estudo em causa, o conteúdo dos artigos seguidamente destacados.

A classificação da envolvente é o primeiro critério que deve ser medido aquando a realização de um projecto acústico, tanto através de medições realizadas por entidade certificada no sector, tanto através de mapas de ruído que poderão ser consultados nas Câmaras Municipais. Assim sendo, o n.º 3 do art. 4.º apresenta os seguintes valores para obtenção dos valores limites mediante o local em que o empreendimento se insere:

Tabela 3.1. Valores Admitidos na Envolvente Exterior. [Decreto lei nº 96/2008]

Período	Ruído Ambiente dB(A)	
	Zona Mista	Zona Sensível
Diurno (07h00-22h00)	≤ 65	≤ 55
Nocturno (22h00-07h00)	≤ 55	≤ 45

Em relação a edifícios de habitação as exigências são feitas ao nível da envolvente com o exterior e ainda entre os espaços interiores dos edifícios. A exigência relativamente à envolvente exterior é efectuada através da imposição de valores mínimos para o isolamento sonoro médio das paredes exteriores dos edifícios, em função do tipo de local aonde vai ser implantado o edifício. Em relação à envolvente dos espaços interiores dos edifícios, impõe valores mínimos para os índices de isolamento sonoro para os sons de condução aérea (v. tabela 3.2 e 3.3), e valores máximos para os índices de isolamento sonoro para os sons de percussão (v. tabela 3.4).

Tabela 3.2. Índice de isolamento a sons de condução aérea (entre o interior e o exterior). [Decreto lei nº 96/2008]

Local	Índice de isolamento a sons de condução aérea, $D_{2m,n,w}$ (dB)	
	Zonas Sensíveis	Zonas Mistas
Quartos ou Zonas de Estar dos fogos	≥ 28	≥ 33

O RRAE estabelece um conjunto de requisitos acústico relativos a edifícios habitacionais e mistos que seguidamente se resumem. Salienta-se que estes valores são obtidos através da legislação em vigor e fazem referência a unidades habitacionais, razão pelo qual o Capítulo 4 irá ser mais focado.

Tabela 3.3. Índice de isolamento a sons de condução aérea (interior) entre o local e o quarto ou zonas de estar dos fogos. [Decreto lei nº 96/2008]

Local de emissão	Local de recepção
	Quartos ou zonas de estar dos fogos (dB)
	$D_{n,w'}$
Compartimentos de um fogo	≥ 50
Locais de circulação comum de edifício	≥ 48
Caminho de circulação vertical (quando o edifício seja servido por ascensores)	≥ 40
Garagem de estacionamento automóvel	≥ 50
Locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão	≥ 58

Nota: No primeiro caso de compartimentos de um fogo, o valor refere-se a quartos ou zonas de estar de outro fogo.

Sendo o ruído de tráfego a fonte condicionante do ruído ambiente e dada a necessidade de salvaguardar o bem estar dos futuros utilizadores de um edifício de níveis de exposição nefastos para a saúde e designadamente para o sono, foi consultada bibliografia especializada nesta temática no sentido de definir termos de referências adequadas às prestações do promotor, sendo de realçar o estudo patrocinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). [Direcção Geral do Ambiente (1999-B)]

Tabela 3.4. Índice de isolamento a sons de percussão (interior) entre o local e o quarto ou zonas de estar dos fogos. [Decreto lei nº 96/2008]

Local de Emissão	Local de recepção
	Quartos ou zonas de estar de (outro) fogo (dB)
	$L'_{n,w'}$
Pavimentos de um fogo	≥ 60
Locais de circulação comum de edifício	≥ 60
Locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão	≥ 50

Num edifício um dos factores de criação de ruído dentro do mesmo, são os equipamentos que estão inseridos para utilização (por exemplo elevadores e máquinas de ventilação). Na Tabela 3.5. são apresentados os valores limite para o caso do ruído de equipamentos dentro de um edifício.

Tabela 3.5. Nível de Avaliação, $L_{Ar, nt}$. [Decreto lei nº 96/2008]

Local	$L_{Ar, nt}$ (dB)
No interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos	≤ 32 (funcionamento intermitente)
	≤ 27 (funcionamento contínuo)

O conforto acústico no interior das habitações é cada vez mais uma condição prioritária, quer por parte dos compradores, quer por parte das entidades fiscalizadoras. O Decreto-lei n.º 96/2008, *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE), surge como uma actualização do Decreto-lei n.º 129/2002, alterando os parâmetros de desempenho acústico dos edifícios e os indicadores do ruído de equipamentos e instalações, alargando o âmbito de aplicação do RRAE a mais tipos de actividades e compatibilizando o seu conteúdo com o do *Regulamento Geral do Ruído* (RGR).

Os requisitos verificados no estudo da OMS, aquando confrontados com a legislação em vigor em Portugal (RRAE), permitiu elencar um conjunto de termos de referência. Estes podem ser enquadráveis em dois domínios distintos, embora complementares no que respeita ao objectivo do conforto acústico global:

- Níveis sonoros admissíveis em espaços lúdicos de descanso no exterior (no caso de terraços ou varandas);
- Níveis sonoros admissíveis no interior de quartos, salas e cozinhas.

Tabela 3.6. Níveis sonoros no interior [Decreto lei nº 96/2008 e Organização Mundial da Saúde (1999)]

Local	Nível de conforto	L_{Ar} (dB(A))
Quartos (período nocturno)	Mínimo	≤ 30
	Recomendado	≤ 30
Salas (período nocturno)	Mínimo	≤ 30
	Recomendado	≤ 30
Cozinhas	Mínimo	≤ 30

Tabela 3.7. Níveis sonoros no exterior [Organização Mundial da Saúde (1999)]

Local	Nível de conforto	L_{Ar} (dB(A))
Varandas no exterior	Mínimo	≤ 55
	Médio	≤ 50
	Elevado	≤ 45

Comparando as duas situações é de salientar que a *Organização Mundial de Saúde* é mais exigente e que sem dúvida são valores mais adequados às necessidades do ser humano.

3.3. A Acústica na Fase de Projecto de Execução

Há quem considere o conforto acústico como um conceito de carácter subjectivo mas, cada vez mais, procura-se traduzir essa subjectividade em parâmetros de carácter objectivo. O conforto acústico tem sido cada vez mais exigido por donos de obra ou utilizadores dos edifícios. Talvez a maioria da população não saiba como avaliar esse conforto, mas a sua ausência está cada vez mais perceptível e, por isso, a exigência de morar ou trabalhar em ambientes acusticamente confortáveis está a tornar-se cada vez mais frequente.

Quando a equipa projectista é confrontada com um espaço numa malha urbana consolidada, podem ser tomadas as seguintes medidas para otimizar o conforto acústico dos utilizadores dos espaços habitacionais, nomeadamente a redução do ruído proveniente do exterior (ruídos aéreos) e os de provenientes da estrutura (ruídos de percussão):

- A envolvente do edifício, no caso de fachadas em que grande parte desta é constituída por vidro/caixilharia/caixa de estore, quando as janelas estão fechadas, deve atingir uma redução de pelo menos 35 dB(A) entre o exterior e o interior. Para tal, contribuem algumas componentes que têm também a função de isolar termicamente – é o caso dos vidros duplos e das paredes maciças com isolamento térmico aplicado pelo exterior (isolamento este que também tem uma função acústica). No entanto nem sempre o vidro correspondente a um bom isolamento térmico é suficiente para atingir os valores legais em termos de isolamento acústico.

- Em edifícios de habitação, é importante que os pavimentos nos apartamentos sejam verdadeiramente flutuantes, para evitar que os ruídos de percussão que resultam do bater dos saltos de sapatos no pavimento entre outros, sejam transmitidos para outros apartamentos. Um pavimento flutuante pode ter qualquer tipo de acabamento, desde que se garanta que a camada resiliente com as respectivas características técnicas relevantes seja aplicada de forma contínua, eliminando todos os pontos de contacto entre o pavimento sobre o qual se anda, as paredes e a laje. É esta camada contínua resiliente que absorve grande parte dos ruídos de percussão que, noutras condições, seriam transmitidos para os vizinhos. A sua instalação durante a obra tem de ser cuidadosamente acompanhada para evitar que o seu efeito se perca.

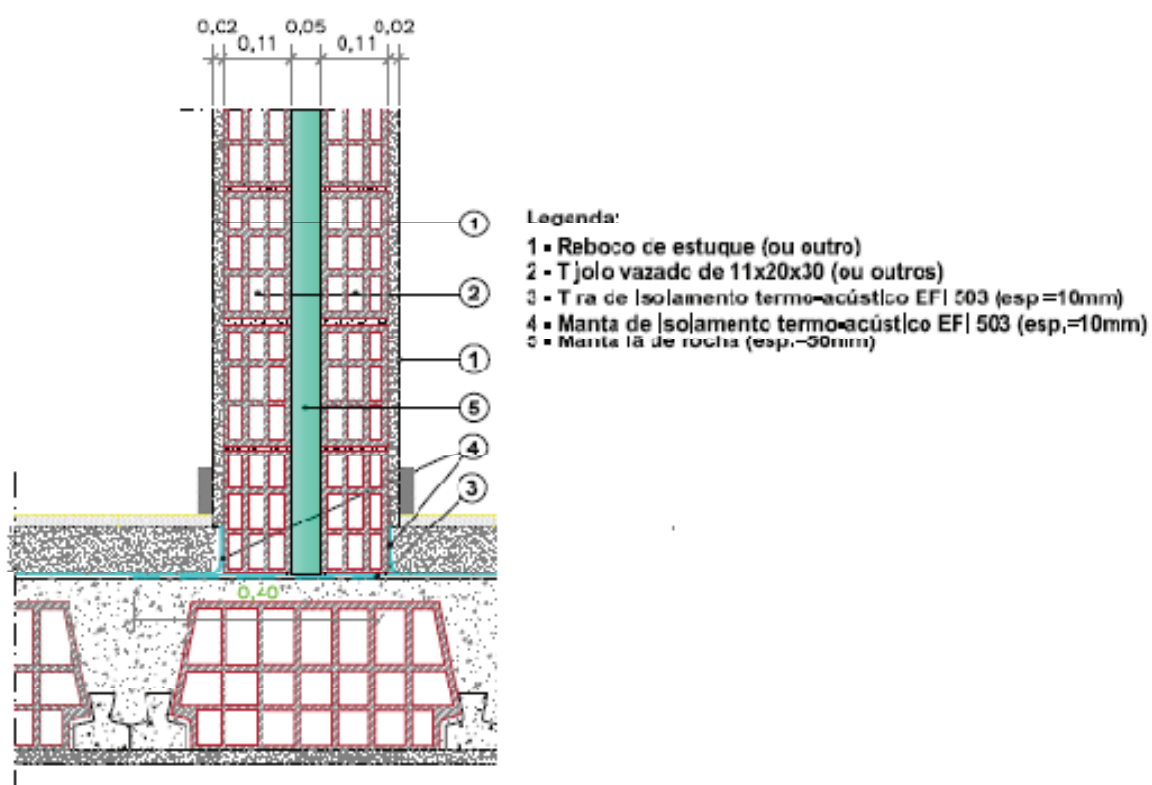


Figura 3.3. Pormenor construtivo: separação entre habitações

Para cumprir o *Regulamento Geral do Ruído* e para otimizar o isolamento acústico entre fracções autónomas (solução para o último ponto do parágrafo anterior) e entre estas e as áreas de utilização colectiva, para além dos acabamentos interiores, devem ser construídas duas paredes de tijolo de 11 cm, com 5 cm de lã de rocha entre os dois panos de tijolo,

sendo ambas as paredes rebocadas (v. Figura 3.3). A fixação elástica e o corte perimetral nos elementos de duplicação em tectos e paredes permitem obter um reforço no isolamento acústico entre habitações.

No caso de paredes de separação entre compartimentos da mesma habitação a intenção de isolamento será idêntica, mas com espessura final diferente já que aí as exigências acústicas são menores e os sons provenientes do emissor são mais reduzidos e aceitáveis. A parede neste caso será constituída por uma parede de tijolo de 11 cm, sendo ambas as faces rebocadas (v. Figura 3.4). A fixação elástica e o corte perimetral nos elementos de duplicação em tectos, pavimentos e paredes permitem obter um reforço no isolamento acústico entre habitações, ou seja, para o ruído não se propagar pela estrutura é necessário criar uma fronteira tanto na parte superior da parede com na parte inferior, para assim as vibrações provenientes do choque não se propagarem pela estrutura do edifício.

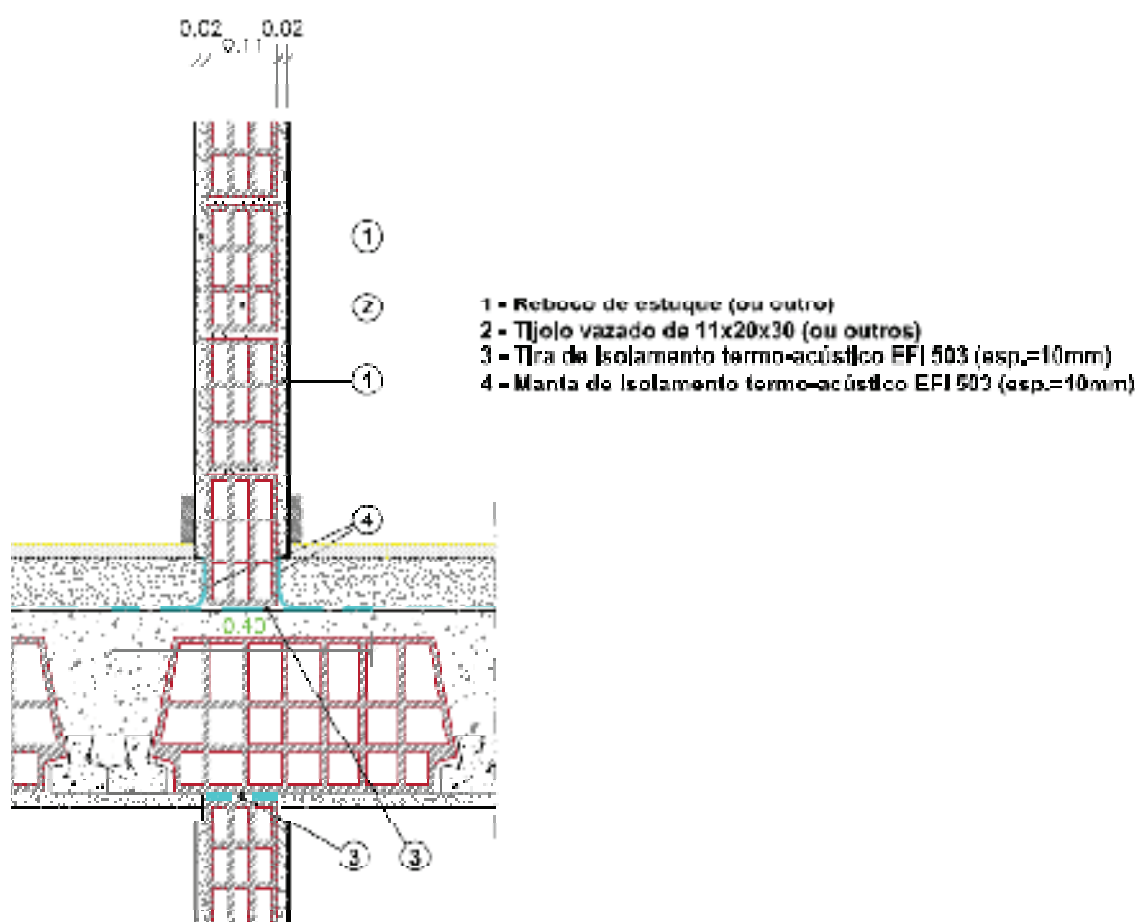


Figura 3.4. Pormenor construtivo: separação entre compartimentos da mesma habitação

Durante o período da edificação não é raro que as questões de conforto fiquem em segundo plano. Muitas vezes, somente depois do edifício pronto e em utilização, é que esse item passa a ser mencionado e em geral, pelo utilizador. Porém, depois de prontas as edificações, pode ser mais difícil, dispendioso ou mesmo impossível de se realizar as devidas adequações para atingir as condições mínimas de conforto. Portanto, têm que se ter em consideração que as condições de conforto acústico dependem essencialmente de duas situações:

- Do isolamento sonoro do espaço relativamente aos sons provenientes do exterior,
 - que podem ser provenientes do local onde o empreendimento está inserido (por exemplo tráfego automóvel);
 - que podem ser provenientes da vizinhança (por exemplo, música na fracção vizinha).
- Das características do campo sonoro que nele se estabelece, como, por exemplo:
 - Concepção arquitectónica;
 - Materiais de revestimento das duas superfícies;
 - Mobiliário e equipamentos no interior;
 - E a própria utilização do espaço por pessoas.

Tabela 3.8. Melhoria de isolamento acústico. [Oliveira de Carvalho, A. P. (2009)]

Melhoria do isolamento acústico (dB)	Resultado qualitativo
1	Ligeiramente perceptível
3	Perceptível
5	Melhoria considerável
10	Reduz o som a metade

Quando se está a executar um *Projecto de Condicionamento Acústico* (PCA) é necessário ter especial atenção aos materiais que se está a propor, já que existem vários tipos de materiais com bom comportamento acústico no mercado e com preços variáveis. Tendo em conta a escolha criteriosa dos materiais de isolamentos acústico e de materiais de revestimentos (que também tem a sua componente acústica) e com a finalidade de impedir que o ruído alcance os habitantes/utilizadores do edifício, poderemos ter melhorias numa solução construtiva que poderá fazer a diferença. De acordo com a Tabela 3.8, verifica-se

que uma pequena diferença de melhoria de isolamento acústico poderá fazer com que a solução seja boa ou má. Normalmente, se se pretende um bom isolamento acústico terá que se optar por materiais densos (pesados), como por exemplo o betão, vidro ou chumbo.

Em termos de percepção sonora quando os cálculos são feitos em dB é importante ter em conta que: $1+1 \neq 2$, porque por exemplo, duas fontes sonoras de 50 dB actuando simultaneamente produzem um total de 53 dB. Uma duplicação do ruído implica um aumento de 3 dB do nível sonoro. Para aumentar o nível sonoro em 10 dB é necessário multiplicar por dez as fontes sonoras (v. Figura 3.5).

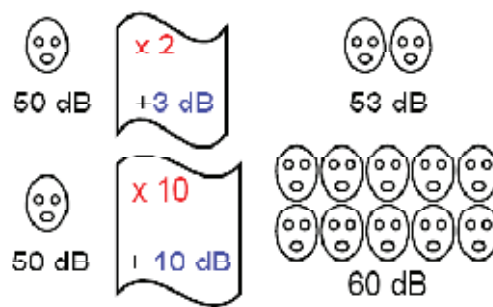


Figura 3.5. Potência sonora. [Oliveira de Carvalho, A. P. (2009)]

A absorção acústica trata do fenómeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras num mesmo ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação (que é uma variação do eco) num mesmo ambiente. Contrariamente aos materiais de isolamento, estes são materiais leves (baixa densidade), fibrosos ou de poros abertos.

Praticamente todos os materiais existentes no mercado ou isolam ou absorvem ondas sonoras, embora com diferenças de eficácia. Um material que tenha grande poder de isolamento acústico praticamente não tem poder de absorção acústica, e vice-versa. Outros materiais têm baixo poder de isolamento acústico e também baixo poder de absorção acústica, devido à sua baixa densidade e pouca porosidade.

A indústria tem desenvolvido novos materiais com coeficientes de isolamento acústico e/ou de absorção muito mais eficientes que os materiais até então considerados "acústicos". Desta maneira tem sido possível de obter, mediante variações da sua composição, resultados acústicos satisfatórios que atendam as necessidades do utilizador.

Cada habitação ou local a isolar, conforme a sua utilização, requer critérios bem definidos de níveis de pressão sonora e de reverberação para permitir o conforto acústico e/ou eliminar as condições nocivas à saúde dos seus utilizadores.

Normalmente um bom projecto acústico prevê o isolamento e a absorção acústica utilizadas com critérios bem definidos, tendo como objectivo a melhor eficácia no resultado final. Para isto, deve levar-se em consideração os seguintes critérios:

- O desempenho acústico dos materiais a serem aplicados;
- A sua fixação, posição relativa a fonte de ruído e facilidade de manutenção, sem restringir a funcionalidade do recinto.

A aplicação de um material acústico, fornecido ou utilizado sem critérios rígidos de projecto, não significa a solução do problema.

Os materiais porosos são materiais em que a parte sólida que os constitui ocupa apenas uma parte do seu volume, sendo o restante formado por pequenos intervalos, abertos para o exterior e que podem (ou não) comunicar entre si. A absorção processa-se fundamentalmente pela dissipação de energia devido ao atrito do ar durante a propagação ao longo dos poros que o definem e também, por viscosidade e atrito interno na vibração da própria estrutura material.

3.3.1. Sons Aéreos

3.3.1.1. Isolamento a Sons Aéreos

A solução a prever para o isolamento aos sons aéreos está dependente do tipo de espaços que se pretende isolar e dos recintos a ele adjacentes. Para além dos diferentes valores impostos regulamentarmente e pelas exigências de conforto acústico, existem outros factores relacionados com as outras especialidades, que conduzem a soluções diversas.

Os sons aéreos têm origem na excitação directa do ar por uma fonte sonora e podem ser de dois grupos, os de proveniência exterior e os sons interiores (v. Figura 3.6).

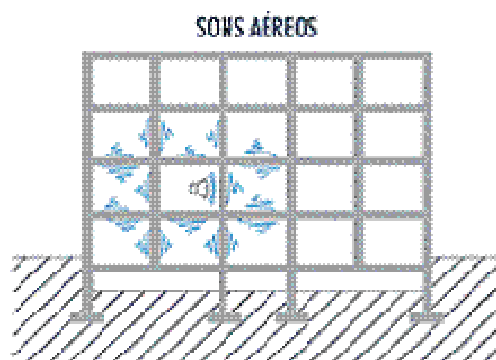


Figura 3.6. Propagação de sons aéreos. [Patrício, Jorge Viçoso (2008-A)]

O comportamento acústico de um elemento construtivo a ruídos de condução aérea depende fundamentalmente da sua massa e/ou da existência de duplicação física do material separador. Portanto, para se reduzir a propagação de sons aéreos é necessário duplicar a espessura da parede ou colocar ou colocar uma barreira (material de isolamento acústico). [Patrício, Jorge Viçoso (2008-A)]

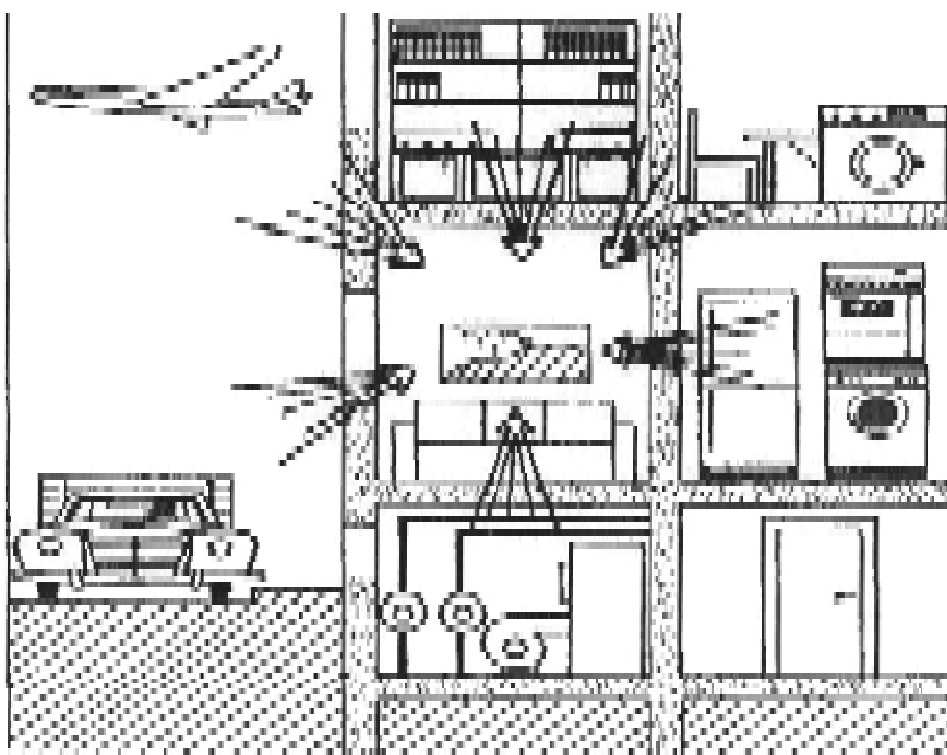


Figura 3.7. Origem dos sons aéreos [Oliveira de Carvalho, A. P. (2009)]

As principais fontes de ruído urbano são o trânsito automóvel, ferroviário e aéreo, as obras de construção e a vizinhança. As principais fontes de ruído interior são os sistemas de

ventilação, equipamentos mecânicos colectivos, utensílios domésticos e a vizinhança. Portanto, os ruídos provenientes do exterior determinam o tipo de isolamento sonoro da envolvente do edifício, e os ruídos provenientes do interior determinam o tipo de isolamento sonoro que os elementos definidores da compartimentação interiores horizontais (pavimentos) e verticais (paredes) devem assegurar.

O procedimento de caracterização do isolamento sonoro dos elementos de compartimentação dos edifícios assenta primeiramente na obtenção de uma descrição das perdas de transmissão sonora entre espaços. Após essa caracterização procede-se á obtenção dos pormenores construtivos e respectiva memória descritiva onde mencionam os materiais a colocar.

3.3.1.2. Métodos de Avaliação

O isolamento a sons aéreos depende essencialmente das características dos elementos definidores da compartimentação, ou seja, da inércia e massa dos elementos construtivos e das características elásticas que não é mais que a rigidez e amortecimento interno do elemento construtivo.

Como em todas as especialidades de um projecto de arquitectura, existem métodos de estimação de projecto (elaboração de pormenores construtivos, memória de cálculo e métodos de modelação) e métodos de medição (ensaios em obra ou laboratório). Na primeira parte de um *Projecto de Condicionamento Acústico* (fase conceptual de um sistema), elabora-se o projecto e a memória de cálculo com base em alguns métodos de cálculo como, por exemplo, o método elasto-dinâmico, análise modal, análise estatística de energia, entre outros. Na secção seguinte, que será a parte de ensaios acústicos, o método de medição é através de caracterização experimental ISO/CEN fazendo referência às Normas NP EN 20140-3, NP EN 140-4 e NP EN 140-5.

No caso em estudo, irão ser focadas as Normas NP EN 140-4 e 5 porque ambas fazem referência a ensaios em obra. A norma NP EN 20140-3 faz referência a ensaios a realizar em laboratório.

Segundo Jorge Patrício [Patrício, Jorge Viçoso (2008-A)], as ondas sonoras que incidem sobre os elementos de construção (paredes e pavimentos), submetem estes a forças normais cuja amplitude e sentido podem variar em dado momento, de um ponto para outro. Sob o efeito dessas forças aqueles elementos adquirem movimentos vibratórios que se transmitem ao ar que circunda o local, bem como aos elementos adjacentes. Num local separado da fonte sonora por uma parede ou pavimento, o ruído sentido será o resultante do movimento do elemento de separação e dos demais elementos do local ligados com aquele.

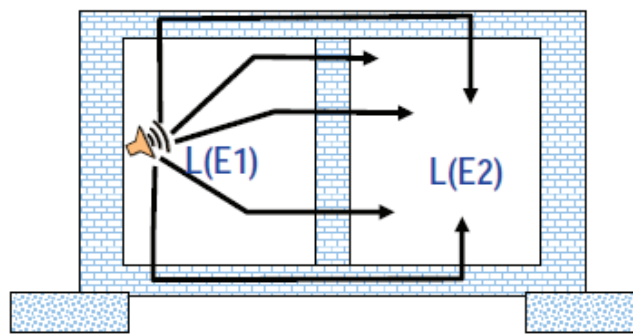


Figura 3.8. Isolamento a sons aéreos de paredes simples. [Oliveira de Carvalho, A. P. (2009)]

$$Ra = L(E1) - L(E2) \text{ (dB)} \quad (3.1)$$

Para um elemento de constituição homogênea:

$$Ra = 20 \log_{10}(f \cdot m) - 47,4 \quad (3.2)$$

Em que:

Ra - Redução sonora (dB(A));

m – massa superficial do elemento (kg/m²);

f – frequência (Hz).

Conforme se pode verificar na Figura 3.9. observa-se que, para uma parede simples, duplicando a massa do elemento, o índice de redução sonora, para cada frequência aumenta cerca de 6 dB.

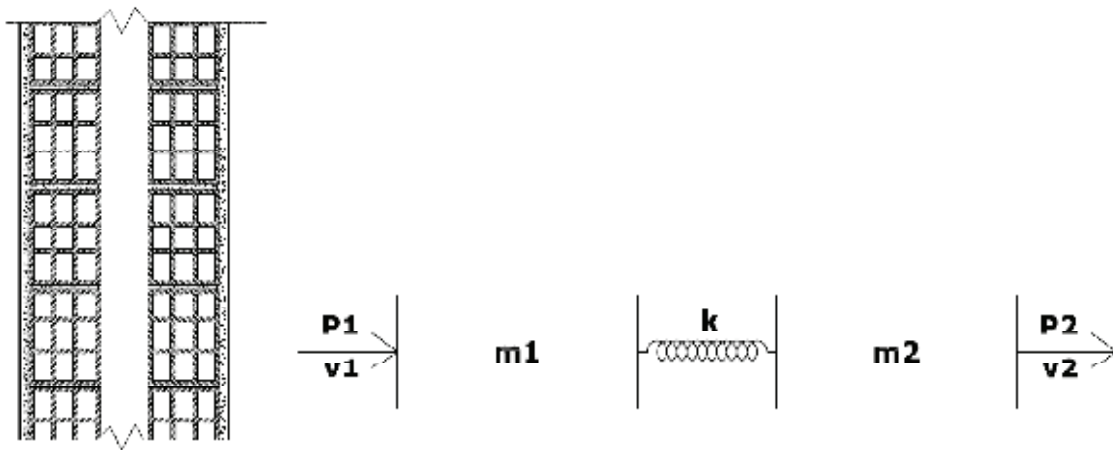


Figura 3.9. Esquema de funcionamento de uma parede dupla [Oliveira de Carvalho, A. P. (2009)]

Na prática corrente as paredes são compostas por panos duplos, com ou sem material de isolamento térmico, em regra, material poroso (absorvente sonoro). Admitindo uma união elástica (ar) entre os dois panos, o sistema pode ser assimilado a um sistema de duas massas ligado por uma mola de rigidez k . Nota-se que a existência de um espaço de ar pode traduzir-se, simplifadamente, por um acréscimo de 3 dB. Nestes casos convém que o espaçamento entre panos obedeça à relação:

$$d > 0.9 \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \quad (3.3)$$

No caso de elementos de separação descontínuos, o isolamento sonoro (R_w) dum elemento de separação descontínuo, composto por elementos simples ou múltiplos (por exemplo uma parede com envidraçado), para uma dada frequência ou banda de frequências, é dado por:

$$R_w = 10 \log \left[\frac{\sum_i A_i}{\sum_i A_i 10^{(-R_{wi}/10)}} \right] \quad (3.4)$$

3.3.1.3. Soluções Construtivas e Materiais de Bom Desempenho Acústico

Conforme já foi referido anteriormente, os sons aéreos podem ser provenientes do exterior. Para se poder formar uma barreira acústica para que os ruídos exteriores não atinjam os valores máximos admitidos pelo *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE) (DL nº 96/2008) no interior da habitação é necessário ter em conta vários factores.

Normalmente o elemento separador entre o interior e o exterior das habitações são paredes duplas ou caixilharias com vidro. O índice de isolamento sonoro de paredes duplas é em função da:

- Natureza e massa superficial de cada pano;
- Espessura da caixa ou caixas-de-ar entre panos;
- Natureza, espessura e massa volúmica do material que preenche a caixa-de-ar;
- Estrutura de ligação de vários panos entre si e à estrutura do edifício.

É necessário também considerar que para a optimização da melhor solução a utilizar para o edifício é importante desenvolver um estudo da envolvente exterior em que a construção está inserida e que o tipo de malha urbana (ver nos mapas de ruído se é uma zona mista ou zona sensível).

Quando se dimensiona um projecto de caracterização acústica para protecção contra ruídos aéreos, importa saber identificar as fontes de ruído para assim se poder formar uma barreira contra as mesmas. Sendo assim, os tipos de protecção que se deve ter em conta são:

- Protecção contra os ruídos exteriores ao edifício;
- Protecção contra os ruídos provenientes de espaços comerciais, de serviços ou industriais;
- Protecção contra os ruídos provenientes de circulações comuns interiores;
- Protecção contra os ruídos provenientes dos outros fogos do edifício;
- Protecção contra os ruídos provenientes dos outros espaços do fogo.

O isolamento sonoro relativamente aos ruídos provenientes do exterior do edifício, tem que incidir sobre a fachada, a cobertura e ainda o esquema de ventilação. No caso das fachadas o nível sonoro pode ser diminuído através dos alinhamentos dos edifícios em relação às vias de circulação, pela colocação de barreiras sonoras, pela distribuição dos recintos nos edifícios e ainda pela auto-protecção do edifício, auto-protecção essa que consiste por exemplo na colocação de vegetação ou na tentativa de enquadrar o edifício de modo a que este não seja atingido directamente com o ruído.

Em Acústica, o isolamento de um elemento depende do isolamento de todos os seus componentes, sendo o seu valor próximo do isolamento do componente com menor valor. Desta forma interessa analisar separadamente os elementos que tradicionalmente constituem a fachada: zona opaca, caixilharias e estores incluindo a caixa de estore. Se por um lado a zona opaca (paredes exteriores) têm um índice de isolamento sonoro aos sons aéreos muito superior à maior parte dos vãos exteriores que incluem caixilharias e estores, por outro lado tiramos a conclusão que o ponto frágil das fachadas está na constituição das caixilharias ou na localização das caixas de estore. Ao longo deste estudo foi-se apercebendo a dificuldade em quantificar os valores limites de uma caixilharia, já que a escolha do vidro está proporcionalmente ligada à sua escolha, ou seja, não vale a pena colocar um vidro que tenha um índice de isolamento elevado se a caixilharia não tiver capacidade para “acompanhar” os valores de isolamento acústico do vidro.

Em termos de constituição de paredes de um edifício as seguintes soluções são actualmente frequentemente utilizadas.

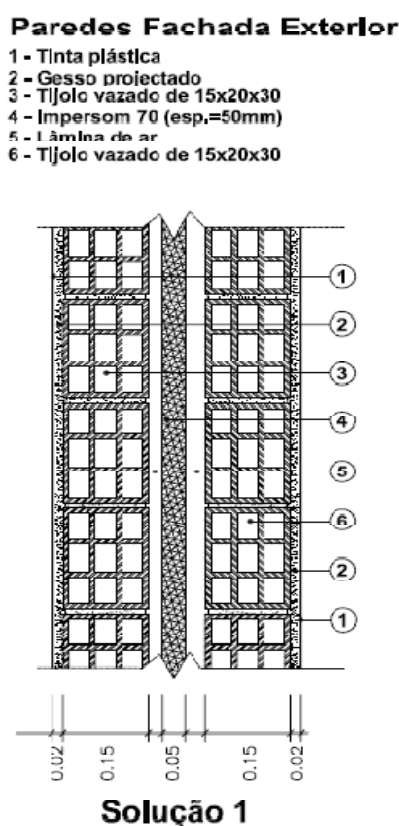


Figura 3.10. Pormenor de parede dupla com isolamento para sons aéreos. [Patrício, Jorge Viçoso (2008)]

Tabela 3.9. Isolamento aéreo por fachada

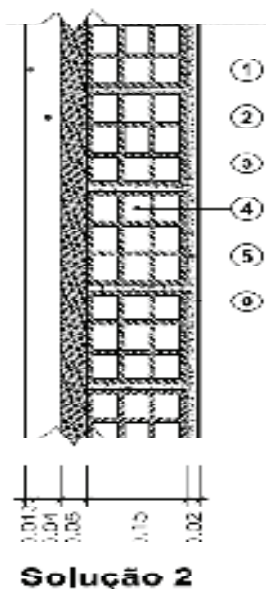
Solução	Isolamento aéreo (R_w)
	(dB)
1	52
2	53
3	51

Conforme se verifica na Tabela 3.9, todas as soluções têm bons desempenhos em termos de isolamento a ruídos aéreos tanto provenientes do exterior (caso da solução 1), como a ruídos de origem interior entre compartimentos da mesma habitação (solução 2 e 3).

Neste caso, optou-se por utilizar o material de isolamento *Impersom* [URL 1] (ficha técnica do material no Anexo 1), como se poderia optar por outro tipo de material desde que certificado pelo LNEC. É muito importante que os materiais utilizados sejam sujeitos a um controle em termos de ensaios laboratoriais.

Paredes Interiores entre compartimentos

- 1 - Gesso cartonado 13 mm
- 2 - Mantentes Metálicos
- 3 - Impersom 40 (esp. 50mm)
- 4 - Tijolo vazado de 10x20x30
- 5 - Reboco + Tinta Plástica

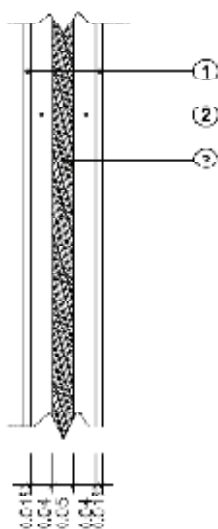
**Figura 3.11.** Pormenor de parede simples com isolamento para sons aéreos. [Patrício, Jorge Viçoso (2008)]

Actualmente existem no mercado múltiplas soluções e materiais para corrigir as fragilidades acústicas entre compartimentos da mesma fracção, entre fracções do mesmo edifício e entre o interior e exterior do edifício. Cada material actua de acordo com as suas propriedades (absorção, reflexão e difusão), sendo que muitos destes produtos podem assumir duplas funções.

O que se pode também encontrar em fachadas fruto da arquitectura moderna, são as fachadas com mais de 90% da sua constituição em vidro. O vidro não está isolado numa construção pois associado ao vidro está sempre um caixilho. O vidro e o caixilho, juntos, constituem o elemento que irá determinar o isolamento acústico de toda a janela e, nalguns casos, de toda a fachada.

Paredes Interiores entre compartimentos

1 - Gesso cartonado 13 mm
2 - Montantes Metálicos
3 - Isolamento 70 (esp. 50mm)



Solução 3

Figura 3.12. Pormenor de parede simples com isolamento para sons aéreos. [Patrício, Jorge Viçoso (2008)]

Não é possível extrapolar as características da janela apenas a partir das performances do vidro. O índice de atenuação (R_w) da janela só pode ser fornecido depois de medido sobre a janela concluída. Pelo contrário, recomenda-se a harmonização entre o tipo de vidro, o caixilho e o tipo de juntas. Os vidros da gama alta devem ser montados sobre caixilhos com uma boa performance.

O desempenho acústico não é influenciado pelo sentido de colocação do vidro. A Tabela 3.10 indica, para diferentes tipos de vidro correntes no mercado, o valor R_w (C ; C_{tr}) com os dois termos de adaptação (em dB). Nas duas últimas colunas, são indicados directamente os valores de isolamento acústico R_A e $R_{A,tr}$ (em dB) que são obtidos através do cálculo entre R_w e C (R_A) e C_{tr} ($R_{A,tr}$) respectivamente.

Tabela 3.10. Comportamento acústico dos vidros. [URL 2]

Composição dos vidros		Valores segunda EN 717-1 [14]			R_A	$R_{A,tr}$
(mm)		R_w	C	C_{tr}		
Vidro monolítico	6	31	-1	-2	30	29
	8	32	-1	-2	31	30
	10	33	-1	-2	32	31
Vidro duplo	4(12)4	30	0	-3	30	27
	4(16)4	30	0	-3	30	27
	8(16)8	33	-1	-4	33	30
Vidro duplo acústico	4(12)6	33	-1	-4	32	29
	4(16)8	35	-1	-5	34	30
	10(12)4	35	0	-3	35	32
Vidro duplo de segurança reforçada	8(20)44.2	38	-1	-5	37	33
	8(20)44.4	40	-1	-4	39	36
	8(20)SP 514	41	-1	-5	40	36
Vidro duplo acústico e de segurança	8(12)44.1A	40	-2	-5	38	36
	10(12)44.1A	41	0	-4	41	37
	8(20)44.2A	40	-1	-5	39	35
	64.2A(20)44.2A	47	-2	-7	45	40

Numa construção, o melhor resultado obtém-se quando existe um bom isolamento acústico nas frequências relativamente às quais a fonte de ruído é mais forte. Até há pouco tempo, uma construção era avaliada com base num único índice, sem ter em conta as características da fonte de ruído, o que conduzia a erros de investimento e grandes decepções.

Para evitar este tipo de situações, foi criado um índice comum a todos, R_w (C ; C_{tr}). O índice "tr" provém de "tráfego". O termo C (dB) introduz a correcção necessária para as fontes de ruído com poucas baixas frequências, por exemplo: tráfego rodoviário e ferroviário rápido, proximidade de aviões, actividades do dia-a-dia, conversas, brincadeiras

de crianças. Por sua vez o termo C_{tr} (dB) introduz a correcção necessária para as fontes de ruído com incidências nas baixas frequências, por exemplo: tráfego urbano, música de discoteca, tráfego rodoviário lento, aviões a grande distância. Ambos os termos de espectro de adaptação em ISO 717.

Os termos de correcção calculam-se com base em espectros sonoros ponderados a:

- C: ruído rosa;
- C_{tr} : ruído de tráfego rodoviário urbano.

Estas duas correcções assumem geralmente um valor negativo, sendo utilizadas, um valor de isolamento acústico muito exagerado será corrigido para menos. As duas correcções são indicadas pelos laboratórios de medida ao lado do valor R_w .

Em resultado final, o isolamento sonoro a sons aéreos depende de vários factores, dos quais se destacam:

- Índice de isolamento sonoro aos sons aéreos do elemento separativo, sendo uma característica intrínseca do elemento separador;
- A superfície da parede separativa, nomeadamente a área intervém de modo importante no isolamento sonoro; a diminuição para metade da área do elemento separador conduz a uma diminuição para metade da energia que penetra no local receptor, ou seja, existe uma redução de 3 dB do nível de pressão sonora nesse local;
- O volume do local de recepção tem interferência devido ao facto de que o seu aumento implica menor densidade de energia por unidade de volume, resultando numa redução no nível de pressão sonora;
- A quantidade e qualidade dos materiais absorventes sonoros no local de recepção. O nível de pressão sonora é menor quanto menor for a energia reflectida, ou seja maior a absorção do local receptor;

3.3.2. Sons Percussão

3.3.2.1. Isolamento a Sons de Percussão

Os sons de percussão (v. Figura 3.13) de um modo geral é qualquer acção de choque exercida num ponto de determinado elemento de compartimentação de um edifício, podendo, devido à rigidez das ligações existentes ao longo do edifício, propagar-se com grande facilidade através de toda a malha definidora dos espaços de utilização, estabelecendo campos sonoros, eventualmente intensos, em compartimentos razoavelmente afastados do local de origem da excitação e podem ser provenientes de deslocções de pessoas, da queda de objectos, do arrastar de móveis etc.

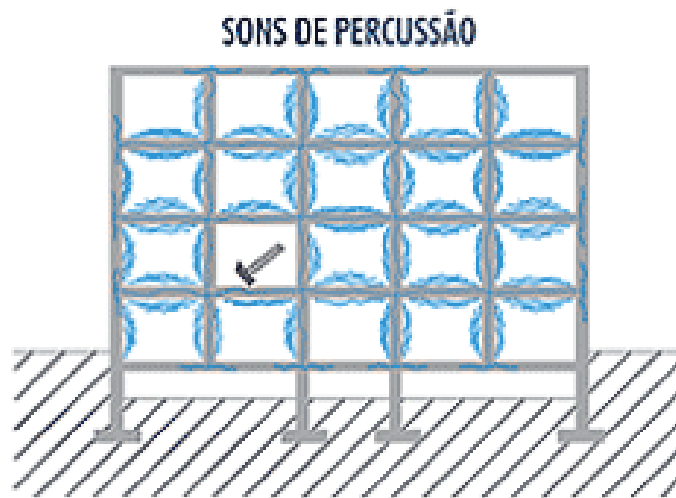


Figura 3.13. Propagação de sons de percussão. [Patrício, Jorge Viçoso (2008)]

Devido a esse facto os sons de percussão podem ser mais incomodativos que os sons aéreos. De uma maneira geral quanto mais baixo for o índice de isolamento a sons de percussão $L_{n,w}$ ou $L'_{n,w}$ melhor é o isolamento sonoro do elemento.

Ao longo deste Capítulo irá ser dada importância aos sons de percussão provenientes de pavimentos, já que os choques sobre divisórias são apenas ocasionais, tal como os batimentos de portas, que hoje em dia já são minimizados com a aplicação de bandas resilientes nos aros das portas.

A transmissão sonora de sons de percussão, de um pavimento, num compartimento, para outros compartimentos do mesmo edifício, ocorre geralmente por via lateral, através dos elementos adjacentes, e por via directa, quando o pavimento percutido é sobrejacente ao compartimento receptor em análise.

A quantificação da transmissão por percussão pode ser efectuada de forma relativamente simples por via experimental, de acordo com as normas EN ISO 140-7 e ISO 717-2, através de medições acústicas realizadas *in situ*, ou pode ser prevista através de modelos teóricos, nomeadamente através dos modelos indicados na norma EN 12354-2.

No caso da avaliação experimental, a metodologia a aplicar e a sua complexidade é praticamente a mesma, quer se trate de transmissão de cima para baixo, quando o pavimento percutido corresponde ao tecto do compartimento receptor, quer se trate de transmissão lateral ou inversa, entre compartimentos do mesmo piso ou de baixo para cima.

Segundo Jorge Patrício [Patrício, Jorge Viçoso (2007)], relativamente aos modelos de previsão, a situação de transmissão de baixo para cima ainda se encontra muito pouco desenvolvida, sendo muitas vezes, na prática desprezada, sendo que neste caso particular este factor é ignorado.

Na prática, a avaliação da transmissão sonora, de sons ou ruídos de percussão de baixo para cima é geralmente relevante quando o compartimento receptor, “sensível ao ruído”, se situa sobre um espaço emissor com possibilidade de forte emissão de ruídos de percussão. Na perspectiva da legislação existente em vigor em Portugal, no que se refere a requisitos de isolamento em edifícios (*Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*), a transmissão por percussão de baixo para cima é sobretudo relevante quando o pavimento percutido não é térreo e quando o requisito de isolamento é elevado, como acontece por exemplo em edifícios mistos com comércio, indústria, serviços ou diversão no R/C e habitação (quartos ou zonas de estar) no andar sobrejacente. Nestes casos, de acordo com o *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE), o valor do índice de percussão padronizado não poderá ser superior a 50 dB, o que muitas vezes não é respeitado, em especial quando se trata de revestimentos de piso rígidos directamente ligados à laje de suporte (revestimentos cerâmicos ou em pedra sobre laje não térrea).

Deste modo, para garantir o cumprimento do RRAE, muitas vezes é necessária a aplicação de soluções acústicas específicas ao nível do pavimento do espaço emissor (situado no piso inferior aos locais receptores a proteger). Estas soluções poderão ser basicamente de dois tipos:

- Revestimento de piso flexível, por exemplo, vinílicos ou linóleos de base flexível, revestimentos à base de cortiça, de borracha ou têxteis;
- Revestimento de piso rígido aplicado sobre camada inferior resiliente, por exemplo, com betonilha ou lajeta flutuante em betão, ou em argamassa, aplicada sobre camada resiliente, ou com pavimentos flutuantes em madeira.

No caso específico de edifícios mistos, com zonas de comércio ou serviços sob zonas de habitação, e em fase de projecto, em que normalmente ainda não é conhecida a actividade que se irá instalar nesses espaços, a solução acústica mais viável para o piso é normalmente a betonilha ou a lajeta flutuante, sobre a qual se poderá aplicar o revestimento pretendido (normalmente cerâmico ou eventualmente em pedra).

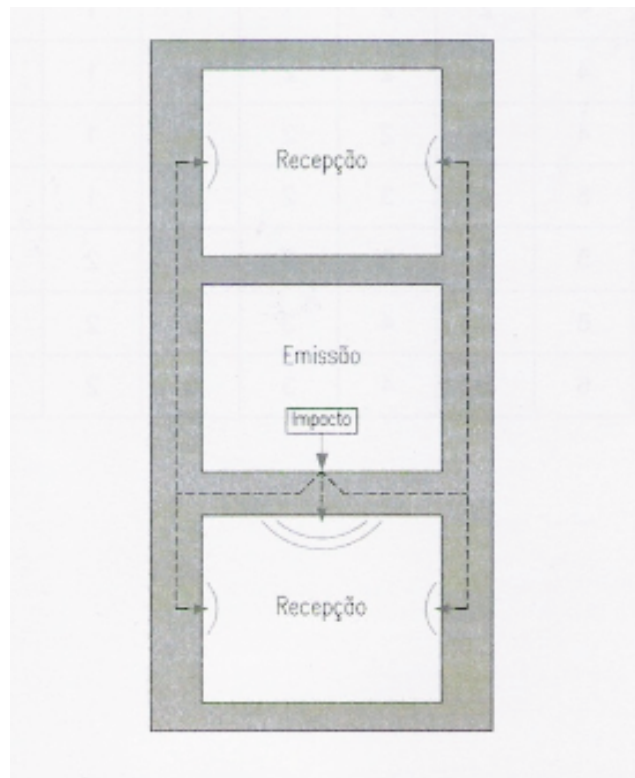


Figura 3.14. Propagação de ruídos de percussão num edifício [Domingues, Odete (2010)]

Na construção corrente, a transmissão mais significativa processa-se para as habitações dos pisos inferiores ao pavimento solicitado, verificando-se também transmissão sonora para as habitações laterais ou ainda para os pisos superiores (v. Figura 3.14.).

3.3.2.2. Métodos de Avaliação

Resumindo o que foi dito anteriormente, existem dois grandes métodos para a caracterização do isolamento sonoro a sons de percussão, são eles os métodos de medição e os métodos de estimação ou projecto.

Nos métodos de medição os valores são obtidos através das medições realizadas em laboratório ou em obra. Para a realização do ensaio é necessário que exista uma câmara de emissão, uma câmara de recepção, uma máquina de percussão e a unidade de medição que deve estar situada na câmara de recepção (v. Figura 3.15.).

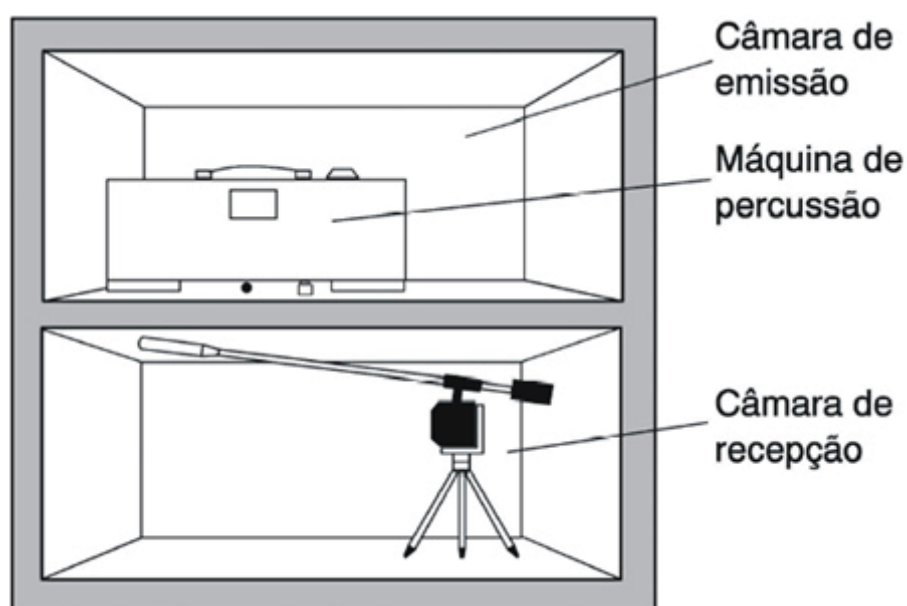


Figura 3.15. Esquema de medição dos ruídos de percussão. [URL 1]

Para a obtenção do parâmetro de quantificação do isolamento sonoro do elemento de compartimentação, temos a seguinte expressão:

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_o} \quad (3.5)$$

Em que:

L'_n – Nível de sonoro de percussão padronizado;

L_i – Nível sonoro médio medido no compartimento receptor;

A – Área do compartimento receptor;

A_o – Área do compartimento emissor.

No caso dos métodos de estimação ou projecto os resultados são obtidos na fase conceptual de um sistema. No caso do ruído de percussão actuar na massa do elemento construtivo não tem grande efeito na propagação do ruído. Em termos gerais, a acção eficaz é actuar sobre os revestimentos das superfícies (tornando-as resilientes) ou sobre a continuidade dos elementos, cortando-a para obter um isolamento suficiente por redução da sua capacidade de propagação do estímulo. A metodologia de cálculo utilizada para a obtenção do valor do índice de isolamento sonoro de uma laje será:

1. Determinar o índice de isolamento sonoro dessa laje;
2. Subtrair o valor da atenuação sonora proporcionada pelo sistema complementar;
3. O resultado obtido corresponde então ao valor do índice de isolamento sonoro, $L_{n,w}$, assegurado pelo elemento de compartimentação em causa.

3.3.2.3. Soluções Construtivas e Materiais de Bom Desempenho Acústico

Conforme já mencionado anteriormente, os sons percussão resultam de uma acção de choque exercida directamente sobre um elemento de compartimentação qualquer, o qual depois se vai propagando ao longo do edificio mesmo em pontos afastados do local de origem da excitação. Normalmente, associa-se os sons de percussão ao choque exercido sobre o pavimento. Sendo que o homem actua mecanicamente por forma directa através da sua actividade e indirectamente através de vibrações transmitidas por infra-estruturas mecânicas cujo concurso não pode dispensar, os ruídos resultantes da percussão de pavimentos são os considerados como mais incomodativos e que dão lugar a maior número de reclamações por parte das pessoas afectadas.

Neste enquadramento, podem considerar-se dois sistemas atenuadores, principais: os constituídos pela aplicação de revestimentos de piso resilientes e os de piso flutuante (v. Figura 3.16).

Em termos de constituição do principal corpo do pavimento, podemos ter os seguintes tipos:

- Pavimentos de betão;
- Pavimentos aligeirados de vigotas e blocos vazados;

- Pavimentos de madeira (já não é vulgar a sua utilização, no entanto existe muito na reabilitação de edifícios que é um mercado com grande expansão).

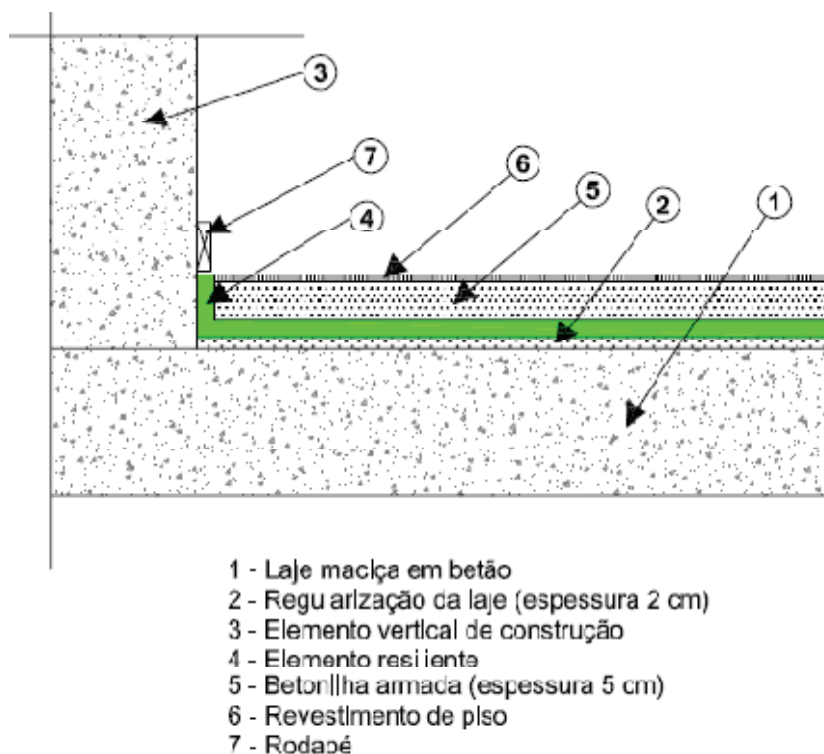


Figura 3.16. Elemento de separação entre pisos com integração de corte elástico. [Domingues, Odete (2010)]

Por si só, a constituição do principal corpo do pavimento não será suficiente para respeitar os valores limites que a legislação obriga em habitações. Assim sendo, a esses pavimentos deve-se optar por colocar o revestimento pretendido, sendo do tipo:

- Revestimentos de piso flexíveis;
- Revestimentos de piso rígidos;
- Revestimentos de pisos rígidos acoplados a uma sub-camada flexível;
- Pavimentos flutuantes.

Se o objectivo é só mitigar os sons de percussão, a melhor solução passa por aplicação de um pavimento flutuante com um adequado elemento resiliente (v. Figura 3.17). Na Figura 3.17, a camada resiliente (neste caso a manta de isolamento termo-acústico) forma uma barreira a qualquer propagação do impacto no pavimento de forma a não perturbar em

termos de ruído tanto os compartimentos adjacentes como todos os compartimentos ligados à estrutura do edifício. É estimado que para este tipo de constituição de pavimento o índice de isolamento a ruídos de percussão será de 54 dB.

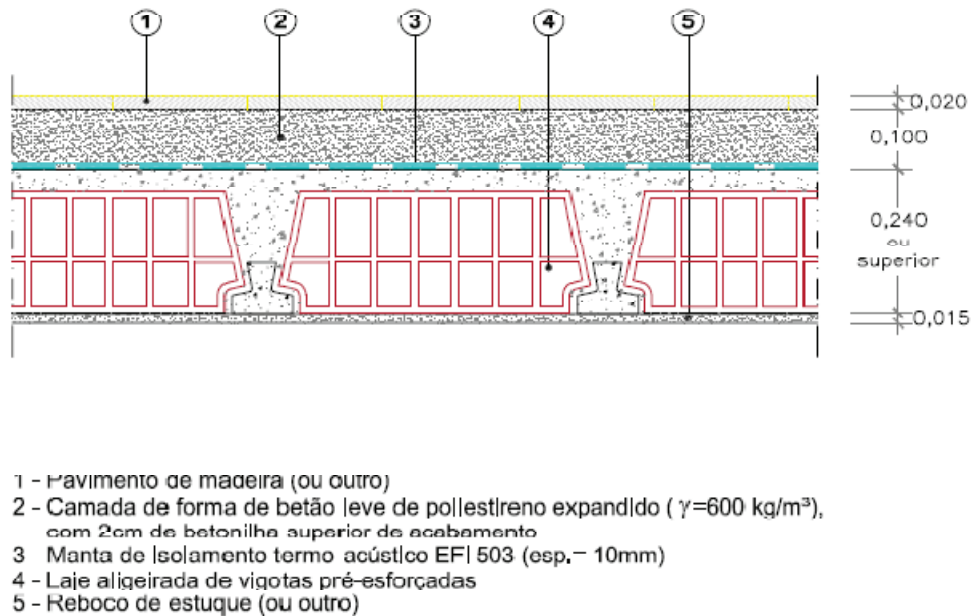


Figura 3.17. Pormenor de pavimento com isolamento acústico a sons de percussão. [Patrício, Jorge Viçoso (2008-A)]

Nestes casos também é importante ter em conta o contacto dos elementos verticais com os horizontais, pois um dos erros mais usuais na construção é não existir qualquer tipo de separação entre as alvenarias e as lajes. Conforme demonstra a Figura 3.18. no qual possui um acabamento do pavimento em madeira, é importante definir uma barreira entre os elementos verticais e os horizontais. Esta não colocação de barreira é uma das principais pontes de ruído de percussão que existe hoje em dia na construção.

Em resultado final, o isolamento sonoro a sons de percussão só é possível se se tiver os seguintes cuidados:

- Eliminar na laje de suporte todas as asperezas (zonas da laje mais áspera) susceptíveis de deteriorar a subcapa resiliente;
- Evitar canalizações sobre a laje de suporte;

- Tornar a superfície superior da subcapa (camada resiliente) estanque, para evitar a entrada de fluidos proveniente do cimento que possam vir a funcionar como ligações rígidas;
- Evitar qualquer ligação rígida da laje flutuante com as estruturas do edifício (rodapés não devem tocar na laje flutuante, etc.);
- O pavimento flutuante não deve ter nenhum contacto lateral com as paredes verticais. Visando evitar estes contactos, levanta-se o elemento isolante mais ou menos 10 cm sobre as paredes, formando uma caixa sobre o contorno do pavimento flutuante.

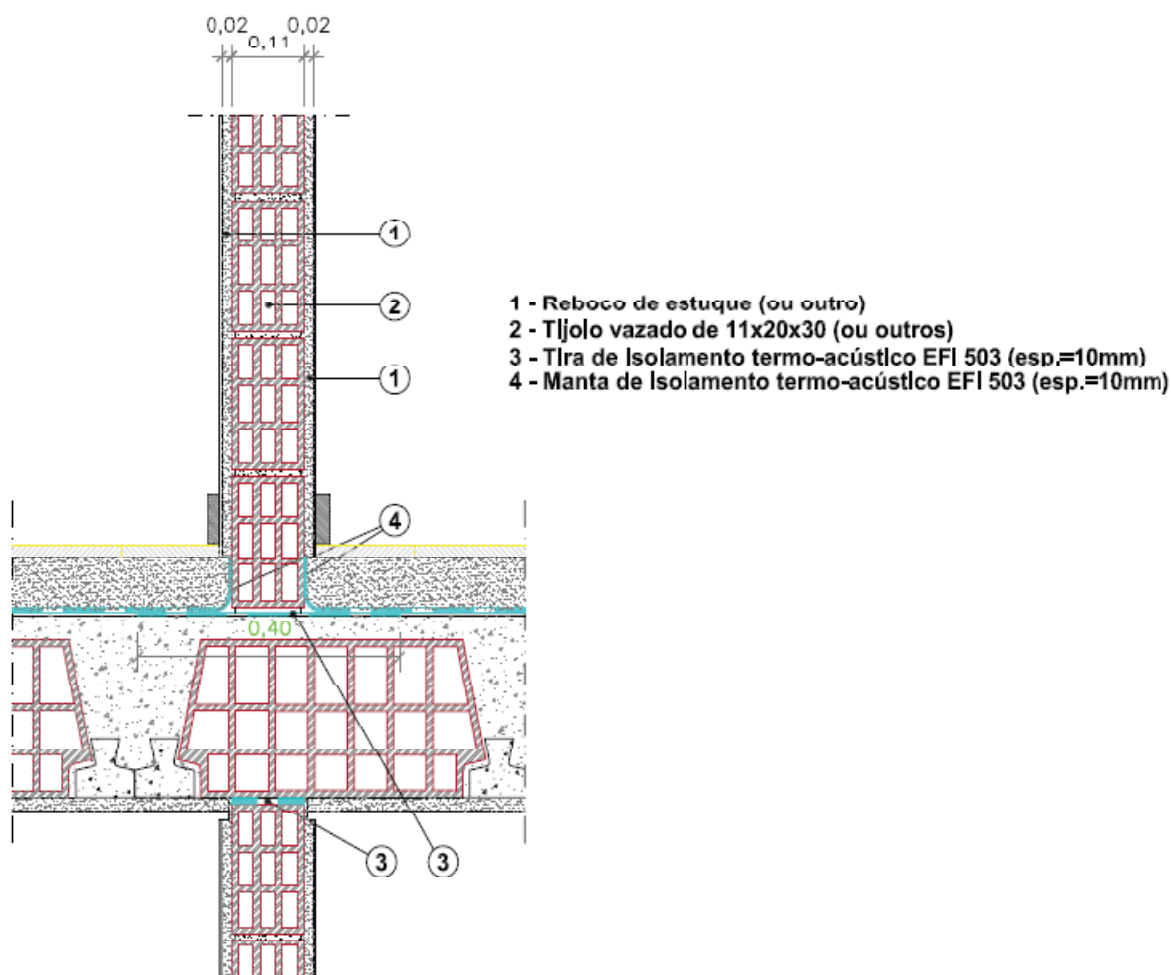


Figura 3.18. Pormenor de pavimento com isolamento acústico a sons de percussão. [Patrício, Jorge Viçoso (2008-A)]

3.3.3. Transmissão Marginal

Segundo Jorge Patricio [Patricio, Jorge Viçoso (2008-B)], a transmissão marginal só é efectivamente contabilizada nos índices de isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão aquando da realização de ensaios em obra.

Em laboratório, determina-se o índice de isolamento acústico em condições ideais, onde o contacto entre os locais emissor e receptor é feito através de elementos resilientes. Como essas junções são constituídas por materiais resilientes, no local receptor apenas chega, praticamente, a energia sonora que passa directamente pelo elemento em estudo, mas em obra estas junções resilientes não existem. Estas são rígidas, permitindo a transmissão por via indirecta do som, ou seja permitindo que no local receptor chegue o som que atravessa os elementos adjacentes ao elemento em estudo. Esta transmissão de energia sonora por via indirecta designa-se de transmissão marginal.

A transmissão marginal que pode ocorrer entre dois espaços adjacentes (emissão e recepção), processa-se em diferentes tipos de caminhos de propagação de energia sonora provenientes de sons aéreos e sons de percussão (v. Figura 3.19.).

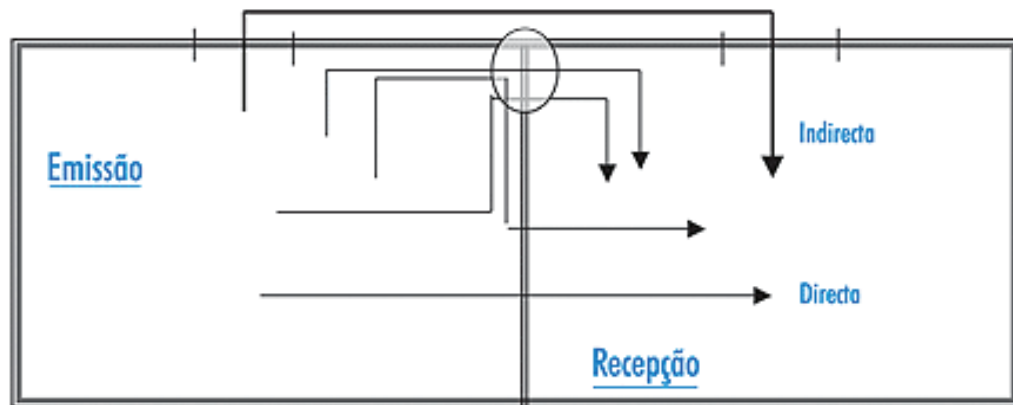


Figura 3.19. Diferentes caminhos de propagação da energia sonora entre dois espaços adjacentes. [URL 2]

Na Figura 3.19 verifica-se as seguintes formas de transmissão sonora:

- Directa – através do elemento de separação.
- Indirecta – através de portas exteriores ou interiores, janelas e aberturas para ventilação.
- Marginal – através das várias junções existentes.

Tabela 3.11. Transmissão Marginal. [Patrício, Jorge Viçoso (2008-B)]

Valor de R_w (dB)	Transmissão Marginal (dB)
$R_w \leq 35$	0
$35 < R_w \leq 45$	3
$45 < R_w \leq 55$	4
$R_w \geq 55$	5

De forma a facilitar a adaptação do índice de isolamento de elementos de compartimentação em laboratório (R_w) para o índice de isolamento sonoro verificado em obra (R'_w), alguns autores sugerem as adaptações mencionadas na Tabela 3.10.

O valor de R'_w obtém-se então pela expressão:

$$R'_w = R_w - \text{Transmissão Marginal} \quad (3.6)$$

Em que:

R'_w – Índice de isolamento padronizado

R_w – Índice de isolamento

Contudo para valores de $R_w > 55$ dB é aconselhado a determinação das transmissões marginais pela norma EN 12354-1. No entanto, como a regulamentação em vigor só obriga a verificação da conformidade após a construção do edifício, torna-se imprescindível utilizar, na fase de projecto, métodos de estimação da influência da transmissão marginal.

3.3.3.1. Sons Aéreos

A transmissão marginal de sons aéreos é obtida através das características de isolamento sonoro do elemento de separação principal e as dos elementos adjacentes. São definidas classes para se obter o valor da transmissão marginal associado à solução construtiva. Pode referir-se que a solução prática normalmente adoptada, no que respeita à influência da transmissão marginal, corresponde à consideração, em média, para um mesmo elemento de compartimentação, de uma redução do isolamento sonoro determinado em laboratório de

cerca de 2 a 3 dB, podendo mesmo em alguns casos muito particulares, atingir os valores da ordem de 10 dB.

Conforme mencionado na Tabela 3.10, a transmissão marginal em relação aos sons aéreos tem sido considerada de uma forma algo grosseira, na medida em que, partindo apenas do conhecimento da relação entre as características de isolamento sonoro do elemento de separação principal e as dos elementos adjacentes, se estabelecem classes de contribuição dessa transmissão.

A transmissão marginal não é, em geral, desprezável, podendo até ser predominante, e depende fundamentalmente da relação entre a massa superficial da parede considerada e a das paredes vizinhas. Admite-se que, quando a relação entre a massa das paredes laterais e a massa da parede de separação é grande, se poderá considerar desprezável a transmissão marginal, para outros casos tal corresponde a uma redução do nível de isolamento sonoro da ordem dos 5 a 7 dB.

Em síntese, pode referir-se que a solução prática até então adoptada no que respeitava à influência de transmissão marginal, corresponde à consideração, em média, para um mesmo elemento de compartimentação quando aplicado em laboratório, de uma redução do isolamento sonoro determinado em laboratório de cerca de 2 a 3 dB (podendo, em alguns casos muito particulares, atingir valores da ordem de 10 dB como por exemplo situações em que o revestimento da laje está sobre camada resiliente e não existe ligação física entre a laje de betão/parede/tecto). [Patrício, Jorge Viçoso (2008-B)]

3.3.3.2. Sons de Percussão

Segundo Jorge Patrício [Patrício, Jorge Viçoso (2008-B)], no que respeita aos sons de percussão “não têm existido metodologias simplificadas de consideração do efeito da transmissão marginal indirecta nas alterações do valor do parâmetro caracterizador do desempenho acústico dos sistemas de compartimentação horizontal dos edifícios”.

No entanto, há que realçar que a transmissão marginal de sons de percussão entre dois compartimentos adjacentes, de cima para baixo depende das transmissões directas, através do próprio elemento de separação, e das transmissões marginais, através dos elementos

adjacentes. No caso de transmissão de pavimentos de compartimentos inferiores para compartimentos sobrejacentes, a transmissão ocorre apenas por via marginal, de baixo para cima, sendo esta de difícil quantificação, em especial por não existirem metodologias consagradas na normalização em vigor.

Capítulo 4 – Estudo de Caso

4.1. Considerações Gerais

Ao adquirir uma unidade habitacional num edifício residencial, o proprietário nem sempre tem o conhecimento sobre como reconhecer aspectos fundamentais que envolvem a construção do edifício. Especificamente em relação ao conforto acústico, o proprietário pode não dispor de parâmetros sobre o isolamento de ruído aéreo e ou pode não ter meios para avaliar esses mesmos parâmetros.

Ao longo dos anos a preocupação na construção com a finalidade de proporcionar ao ser humano uma vida saudável tem vindo a aumentar gradualmente. Um dos factores que neste momento a população procura na construção, é sem dúvida, a qualidade do ar, qualidade acústica e ambiental. Neste contexto, é pretendido neste Capítulo demonstrar até que ponto uma unidade habitacional é capaz de ir de encontro às necessidades do ser humano a nível de ruído, ainda que, para que isso aconteça, é necessária a intervenção das entidades fiscalizadoras que efectuem uma avaliação do conforto acústico.

A avaliação do conforto acústico pode ir além dos ensaios acústicos (medição do isolamento de ruído aéreo e do ruído de percussão), sendo estes contudo um bom começo para o desenvolvimento da solução ao problema do ruído. Neste Capítulo é apresentado a avaliação do nível de conforto acústico de um edifício habitacional na fase em que o empreendimento se encontra pronto a ser habitado.

4.2. Caracterização do Empreendimento

O edifício em estudo é um empreendimento habitacional multifamiliar constituído por 98 fogos com tipologias entre T1's, T2's, T3's e T4's divididos por 8 pisos situado na área metropolitana do Porto numa zona com bastante tráfego rodoviário. Este empreendimento tem como factores o facto de ter um elevado desenvolvimento quer em termos de área de implantação quer em termos de cêrcea (8 pisos), o que em termos de exposição ao ruído exterior determina situações muito díspares. Possui ainda a duas caves que se destinam a estacionamento automóvel e a arrumos. O empreendimento está dividido em cinco corpos separados por juntas de dilatação designados por A, B, C, D e E. O bloco E tem como

finalidade comércio e serviços, e como está separado dos restantes corpos não foram realizados ensaios acústicos neste edifício.

Este empreendimento insere-se numa zona de actual expansão urbana na cidade do Porto, onde pontificam equipamentos culturais e de lazer. De realçar que este se encontra circundado por vias com elevada circulação de tráfego rodoviário. O empreendimento tem como características principais vantajosas ser um condomínio privado e ter uma selecção criteriosa dos materiais e equipamentos utilizados na sua construção, o que faz deste empreendimento um empreendimento de gama média-alta, portanto todas os factores são importantes na concepção do empreendimento.

A percepção dos níveis sonoros advém maioritariamente das fontes referidas anteriormente, sendo de realçar durante o período nocturno só uma via tem mais circulação comparativamente às demais vias, sendo a proximidade a essa via principal (auto-estrada) um aspecto que potencia preocupações adicionais.



Figura 4.1. Imagem da zona de implantação do empreendimento e das principais vias de tráfego envolventes.

Contudo, devido à sua localização que na Figura 4.1 está representado a vermelho, foi solicitado um estudo de comportamento acústico ao nível da envolvente exterior e das

características interiores, tendo como finalidade o licenciamento do empreendimento. Este estudo surge na sequência da percepção, por parte do promotor e de potenciais clientes, de níveis sonoros excessivos quer no interior dos fogos quer em espaços exteriores de utilização lúdica.

No decorrer do presente Capítulo vão ser apresentados os resultados dos ensaios acústicos, valores que são necessários medir e a metodologia de avaliação utilizada, com base nas normas NP EN ISO 140 partes 4, 5 e 6, ISO 16032 e NP 1730, apresentando-se as conclusões daí resultantes.

4.3. Critérios Regulamentares Objecto de Certificação

O presente capítulo consubstancia uma avaliação acústica para verificação do cumprimento do *Regulamento Geral do Ruído* (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, e concomitantemente, de acordo com o ponto 3 do Artigo 12.º do RGR, do *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio e republicado no Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho, no âmbito da necessidade de emissão de licença de utilização do local especificado em epígrafe.

A avaliação acústica a um edifício tem como objectivo dar resposta a uma exigência da entidade licenciadora (Câmara Municipal do Porto) no âmbito do estabelecido no artigo 15.º da Portaria n.º 232/2008 de 11 de Março, na qual se refere que o pedido de autorização de utilização de edifícios ou suas fracções deve ser instruído acompanhado de uma "avaliação acústica".

De acordo com o RGR, a "avaliação acústica" consiste na verificação da conformidade de situações específicas de ruído com os limites fixados.

Ainda de acordo com o mesmo diploma, no âmbito do controlo prévio das operações urbanísticas, verifica-se que a utilização de edifícios pode implicar, por parte da câmara municipal, a exigência da realização de ensaios acústicos.

Entende-se assim que a avaliação acústica deverá ser efectuada com recurso a ensaios acústicos incidindo directamente nos requisitos acústicos decorrentes do RGR e RRAE aplicáveis à situação em análise.

Note-se que a data do despacho final de deferimento de pedido de licenciamento de obras do empreendimento em questão é de 27 de Julho de 2006 (v. Anexo 2). Assim sendo, os requisitos legais a verificar com a elaboração deste documento, serão os que estavam em vigor nesta data, ou seja, os requisitos do RGR aprovado pelo Decreto-Lei 292/2000 de 14 de Novembro e do RRAE aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio.

Estas considerações são sustentadas pelo parecer da Direcção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos da Câmara Municipal do Porto, relativo ao processo de operação urbanística (v. Anexo 2), de onde se pode transcrever que: "(...) *A prévia certificação deverá ser composta por relatório baseado em ensaios de índole laboratorial que atestem o cumprimento dos requisitos acústicos - definidos nos art.º 5º a 10º do DL 129/02 de 11 de Maio (...) e que (...), ateste o cumprimento do DL 292/2000 de 14 de Novembro (...)*".

Tais exigências são actualmente enquadradas pelo *Regulamento Geral do Ruído* (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, e mais concretamente, em consequência do exposto no n.º 3 do artigo 12.º, pelo *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002 de 11 de Maio, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho.

De todo o modo e dado o seu interesse a título de referência, será útil elencar algumas das exigências que serão relacionáveis com a situação em análise. A este propósito, quanto à inserção do empreendimento na malha urbana da cidade do Porto e da respectiva classificação acústica da zona em causa, conclui-se, de acordo com a análise da planta de condicionantes publicada em anexo ao PDM de 2005, tratasse de uma zona mista (v. Anexo 3). Assim sendo, o RGR preconiza na alínea a) do n.º 1 do Artigo 11.º, os seguintes valores limite de exposição para o caso de uma zona mista:

Tabela 4.1. Valores limite de exposição envolvente exterior. [Decreto lei nº 96/2008]

Local	Valores limite de exposição dB (A)	
	L_{den}	L_n
Envolvente exterior	≤ 65	≤ 55

Por sua vez o RRAE impõe na alínea a) do n.º 1 do Artigo 5.º limites para isolamento sonoro da fachada ($D_{2m, nT, w}$), que para o caso de uma zona mista assume os valores apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m, nT, w}$. [Decreto lei nº 96/2008]

Local	$D_{2m, nT, w}$ (dB)
Entre o exterior e quartos ou zonas de estar dos fogos	≥ 33

Entende-se também ser útil atentar na limitação imposta pelo RRAE no que respeita à percepção do funcionamento dos equipamentos colectivos do edifício em quartos e zonas de estar dos fogos (ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, etc.).

De facto, embora a natureza do ruído emitido por estes equipamentos seja muito distinta da associada ao ruído de tráfego (principal fonte em causa neste estudo), estabelece-se assim um referencial comparativo quanto aos níveis máximos admissíveis em locais de concentração e sossego.

Tabela 4.3. Nível de avaliação, $L_{Ar, nT}$. [Decreto lei nº 96/2008]

Local	$L_{Ar, nT}$ (dB (A))
No interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos	≤ 32 (funcionamento intermitente)
	≤ 27 (funcionamento contínuo)

Como foi referido na secção 3.2 do Capítulo 3, devido ao facto da legislação em Portugal ter valores para o caso de edifícios de habitação que se localizam em zonas mistas, recorreu-se ao estudo patrocinado pela *Organização Mundial da Saúde* (OMS), [Guidelines for Community Noise (1999)], para assim se poder ter um critério mais exigente e que tenha em atenção ao limite de valores no que respeita ao ruído. Esses requisitos podem ser enquadráveis em dois domínios distintos, embora complementares no que respeita ao objectivo do conforto acústico global:

- Níveis sonoros admissíveis em espaços lúdicos de descanso no exterior (no caso varandas);
- Níveis sonoros admissíveis no interior de quartos, salas e cozinhas.

Entende-se assim propor os seguintes termos de referência para este estudo:

Tabela 4.4. Níveis sonoros no exterior – Nível de avaliação, L_{Ar} . [Decreto lei nº 96/2008]

Local	Nível de Conforto	L_{Ar} (dB(A))
Varandas no exterior	Mínimo	≤ 55
	Médio	≤ 50
	Elevado	≤ 45

Como foi referido anteriormente e através da planta de condicionantes (v. Anexo 3) publicada em anexo ao PDM de 2005, o edifício está inserido numa zona mista.

Tabela 4.5. Níveis sonoros no interior – Nível de avaliação, L_{Ar} . [Decreto lei nº 96/2008]

Local	Nível de Conforto	L_{Ar} (dB(A))
Quartos (período nocturno)	Mínimo	≤ 30
	Recomendado	≤ 27
Salas (período nocturno)	Mínimo	≤ 35
	Recomendado	≤ 32
Cozinhas	Mínimo	≤ 42

Como o espaço onde se pretende um melhor nível de conforto são os quartos e as salas no período nocturno, é normal que os valores exigidos pela legislação (v. Tabela 4.5.) sejam mais exigentes do que para as restantes situações.

4.4. Análise ao Estudo de Caso

Como foi descrito no Capítulo 3, a concepção de um empreendimento tem várias fases. Na fase inicial é necessário desenvolver uma análise ao terreno de forma a encontrar as condicionantes para a construção de um edifício, tanto na sua orientação solar, como na sua orientação a nível de ruído. Ao longo da elaboração do esboço do edifício o projecto de

arquitectura demonstrou preocupações a nível da estética, da orientação solar e da protecção do edifício relativamente ao ruído proveniente das vias circundantes.

Na fase seguinte o processo depois de estudado e com todas as especialidades elaboradas, deu entrada na Câmara Municipal para de seguida ser emitido o alvará de construção onde em anexo, são apresentadas condicionantes ao projecto. O alvará do empreendimento em estudo (v. Anexo 4) refere condicionantes a nível da acústica como é transcrito abaixo, no qual se deverá ter em atenção na fase final do empreendimento, ou seja, no processo de elaboração do pedido de licença de utilização.

“ Ruído

1 – O Projecto Acústico a ser entregue juntamente com os restantes projectos de especialidades, no acto de licenciamento (...);

2 – A Prévia Certificação do Cumprimento do Regime Jurídico sobre Poluição Sonora deve ser exigida no acto de licenciamento ou autorização do início de utilização, (...). A prévia certificação deverá ser composta por relatório baseado em ensaios de índole laboratorial que atestam o cumprimento dos requisitos acústicos – (...).“

É de salientar que o projecto que deu entrada na Câmara Municipal referente à acústica incluiu uma parte escrita onde constava a memória descritiva justificativa fazendo referência a materiais a colocar e uma parte desenhada onde constavam todos os pormenores construtivos. Assim sendo, o projecto de condicionamento acústico foi constituído por:

- Parte Escrita:
 - Generalidades;
 - Caracterização do empreendimento;
 - Materiais a colocar com grau de isolamento acústico acompanhado de fichas técnicas;
 - Soluções construtivas:
 - Elementos de Envolvente interior:
 - Pavimentos entre habitações;

- Pavimentos entre habitações e garagens;
 - Paredes de separação entre habitações.
- Elementos de Envolvente exterior:
 - Paredes exteriores;
 - Caixilharias exteriores;
 - Fachadas da moradia;
 - Cobertura da moradia;
- Tubagens de redes hidráulicas;
- Equipamento electromecânico;
- Considerações Finais.
- Peças Desenhadas:
 - Laje da cobertura;
 - Paredes exteriores;
 - Paredes entre habitações;
 - Paredes divisórias;
 - Pavimentos correntes;
 - Assentamento da banheira;
 - Tubagens de rede de abastecimento de águas;
 - Colector predial e tubos de queda suspensos.

Na fase final do empreendimento é necessário realizar uma avaliação acústica. É neste ponto que a legislação poderia ser mais exigente porque ainda existem câmaras municipais que não exigem este certificado. No entanto, no caso em estudo, a Câmara Municipal solicitou que fossem realizados ensaios acústicos por uma entidade certificada, tendo como finalidade a viabilidade tanto do projecto de licenciamento como da emissão da licença de utilização (v. Anexo 4), sem que para isso tivesse que ser realizada qualquer intervenção a nível construtivo, o que se veio a reflectir no presente estudo.

Sendo assim, procedeu-se à elaboração de ensaios acústicos e desde o início que a percepção dos referidos níveis sonoros advém maioritariamente das vias de circulação que se encontram na sua envolvente, sendo que durante o período nocturno existe uma maior circulação de veículos numa só via de circulação, comparativamente às demais vias, sendo a proximidade a essa via um aspecto que potencia preocupações adicionais.

Tendo como referência os valores limite regulamentares e a situação concreta em análise, de acordo com o exposto no ponto anterior, foram avaliadas as seguintes situações:

- Critério dos valores limites de exposição;
- Ensaio de isolamento sonoro a sons aéreos de elementos de fachada, $D_{2m,n,w}$;
- Ensaio de isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, $D_{n,w}$;
- Ensaio de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{n,w}$;
- Ensaio de nível de ruído particular de equipamentos, L_{AR} .

Para se começar uma avaliação acústica de um edifício é necessário primeiro analisar os pormenores construtivos dos elementos que irão ser alvo de estudo. Os elementos construtivos ensaiados apresentavam a seguinte constituição:

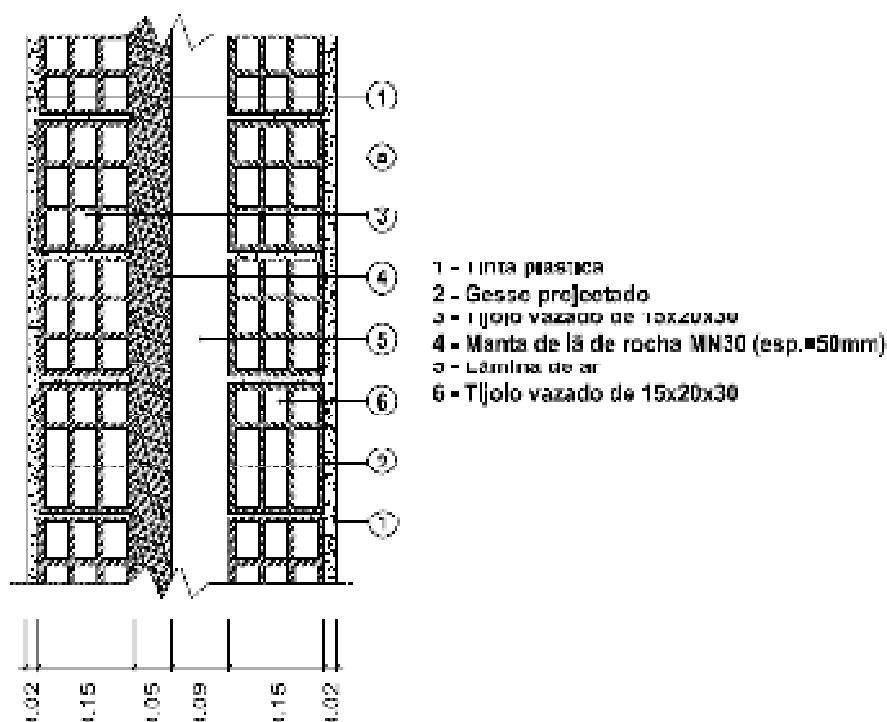


Figura 4.2. Pormenor construtivo de parede entre habitações de blocos diferentes.

Na Figura 4.2., temos um pormenor de uma parede de separação entre habitações que estão em edifícios (blocos) diferentes. Esta situação é muito usual na construção em centros urbanos onde se constrói edifícios encostados a outros já existentes. Portanto a colocação de um elemento separador com critérios de atenuação acústica é importante.

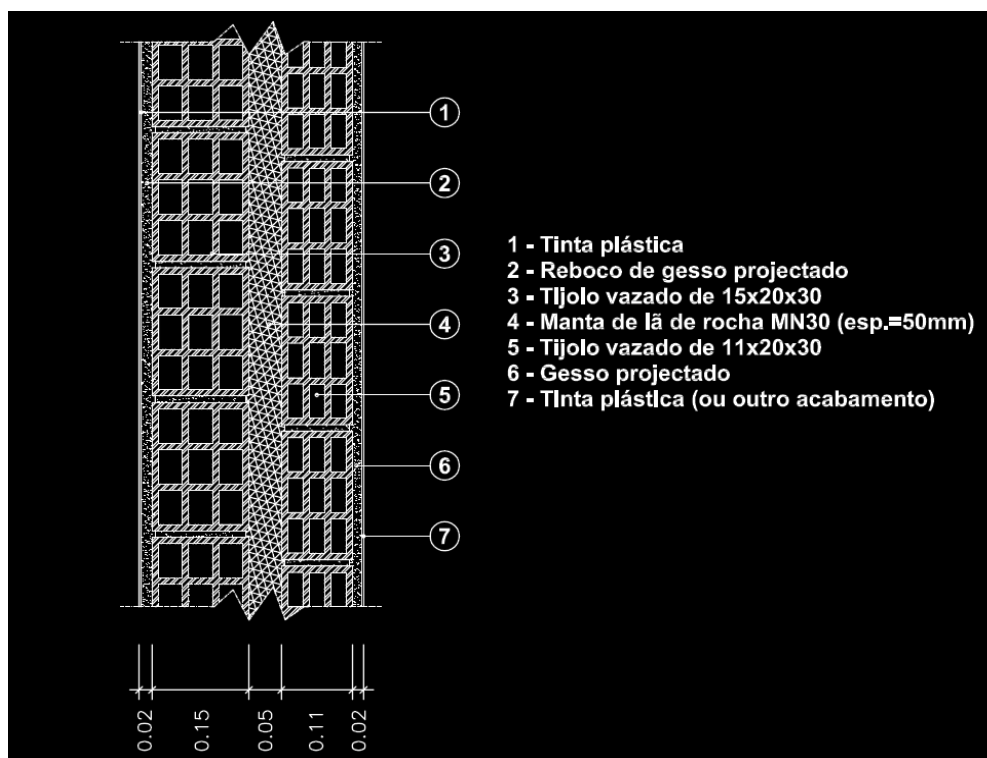
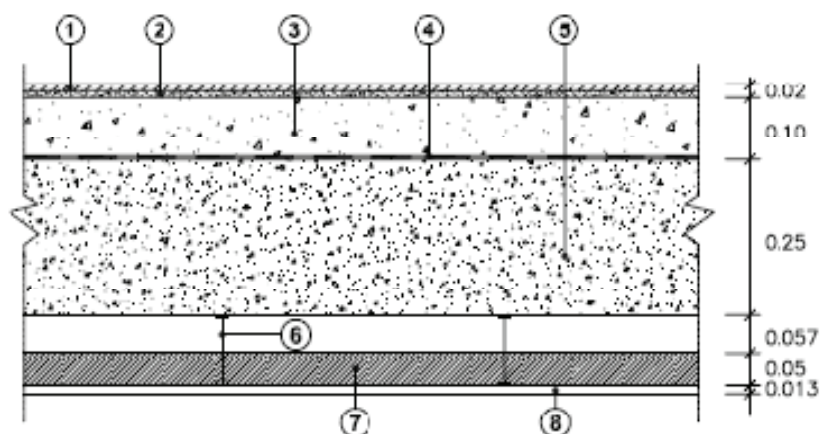


Figura 4.3. Pormenor construtivo da parede de separação entre habitações.

No caso de paredes de separação de habitações do mesmo edifício (v. Figura 4.3.), torna-se mais fácil a elaboração de um pormenor construtivo que vá de encontro às necessidades do edifício, já que o conhecimento da composição da parede é toda definida pelo projectista o que não acontece no caso da Figura 4.2.

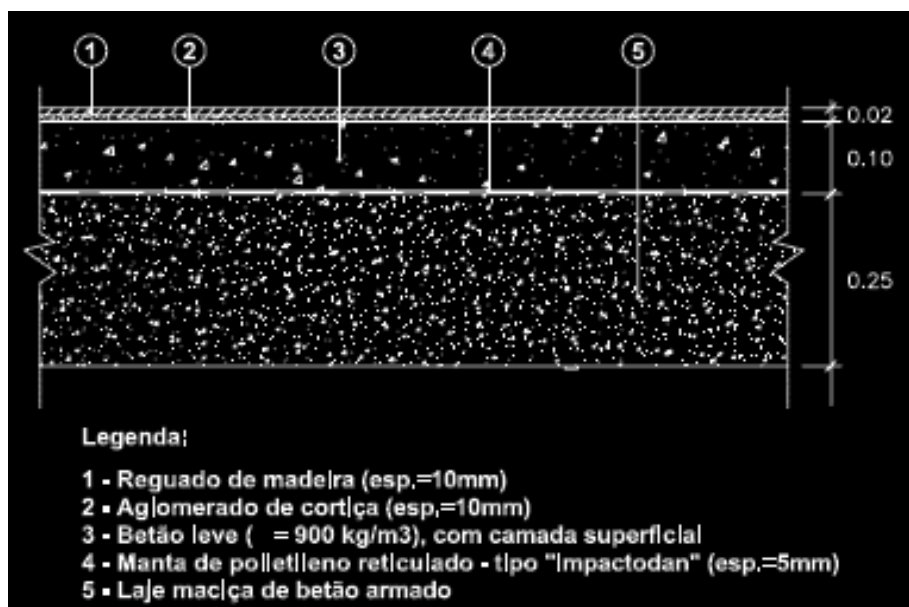
Num edifício o pavimento é a coisa que mais uso tem pelo utilizador do edifício o que automaticamente é a parte da habitação que mais sofre choques provenientes de objectos a cair ou até dos próprios passos de uma pessoa. Sendo assim, é necessário ter em conta na elaboração do pormenor construtivo esses critérios. Como é inevitável as situações descritas anteriormente, é necessário que o pavimento contenha uma fronteira com finalidade de isolar o pavimento da restante estrutura do edifício (paredes e tectos).

Através da Figura 4.4., e no ponto 4 da legenda, é referida uma manta de polietileno reticulado a fim de fazer essa fronteira. O facto de se colocar cortiça também é óptimo para o isolamento aos ruídos de percussão.

**Legenda:**

- 1 - Reguado de madeira (esp.=10mm)
- 2 - Aglomerado de cortiça (esp.=10mm)
- 3 - Betão leve (=900 kg/m³), com camada superficial de betão normal com 0.02m
- 4 - Manta de polietileno reticulado - tipo "Impactodan" (esp.=5mm)
- 5 - Laje maciça de betão armado
- 6 - Tirantes
- 7 - Manta de lã de rocha MN30 (esp.=50mm)
- 8 - Tecto falso de gesso cartonado, tipo "Pladur" (esp.=13mm)

Figura 4.4. Pormenor construtivo do pavimento (Pavimentos correntes).

**Legenda:**

- 1 - Reguado de madeira (esp.=10mm)
- 2 - Aglomerado de cortiça (esp.=10mm)
- 3 - Betão leve (= 900 kg/m³), com camada superficial
- 4 - Manta de polietileno reticulado - tipo "Impactodan" (esp.=5mm)
- 5 - Laje maciça de betão armado

Figura 4.5. Pormenor construtivo do pavimento (Pavimentos correntes R/C).

Em relação ao vidro a sua área e exposição era relevante nos compartimentos da sala e nos quartos virados para a via com mais tráfego rodoviário (auto-estrada). Portanto a

constituição do vidro assume assim uma característica importante do comportamento acústico do edifício.

Composição do Vidro

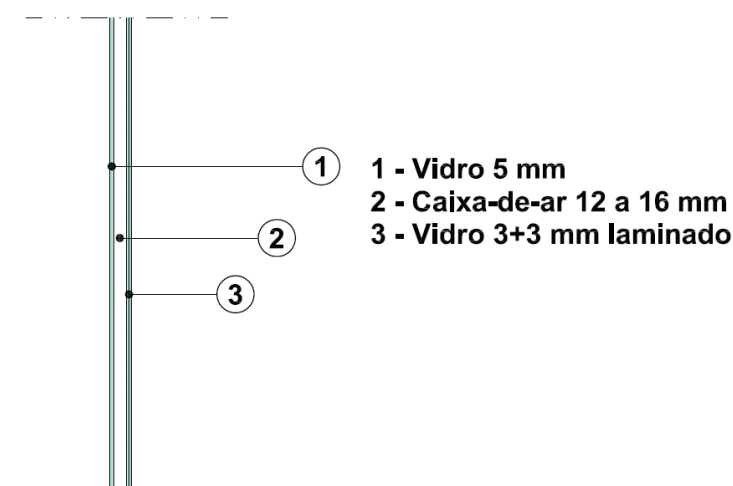


Figura 4.6. Pormenor construtivo do vidro previsto em projecto.

Depois de efectuada a análise aos pormenores construtivos, o estudo do comportamento acústico segue os trâmites normais, descritos já anteriormente. É de realçar que uma vez que foi efectuada uma avaliação exaustiva em diversos pontos e também em vários pisos do empreendimento, optou-se por remeter para anexo (v. Anexo 5) um boletim de ensaios laboratorial onde pode ser encontrada toda a informação relevante relativa a estes ensaios, incluindo os resultados detalhados.

4.4.1. Zonamento do Empreendimento

Para o efeito e por uma questão de facilidade no desenvolvimento da análise, particularmente ao nível da avaliação dos níveis sonoros no interior (resultantes naturalmente das condições de exposições das fachadas às fontes de ruído exteriores) o empreendimento foi segmentado em oito zonas, em função do seu desenvolvimento em planta e em altura.

Esse zonamento encontra-se esquematizado nas Figuras 4.7. e 4.8., referindo-se a primeira aos pisos 4 a 8 e a segunda aos pisos R/C a 3.

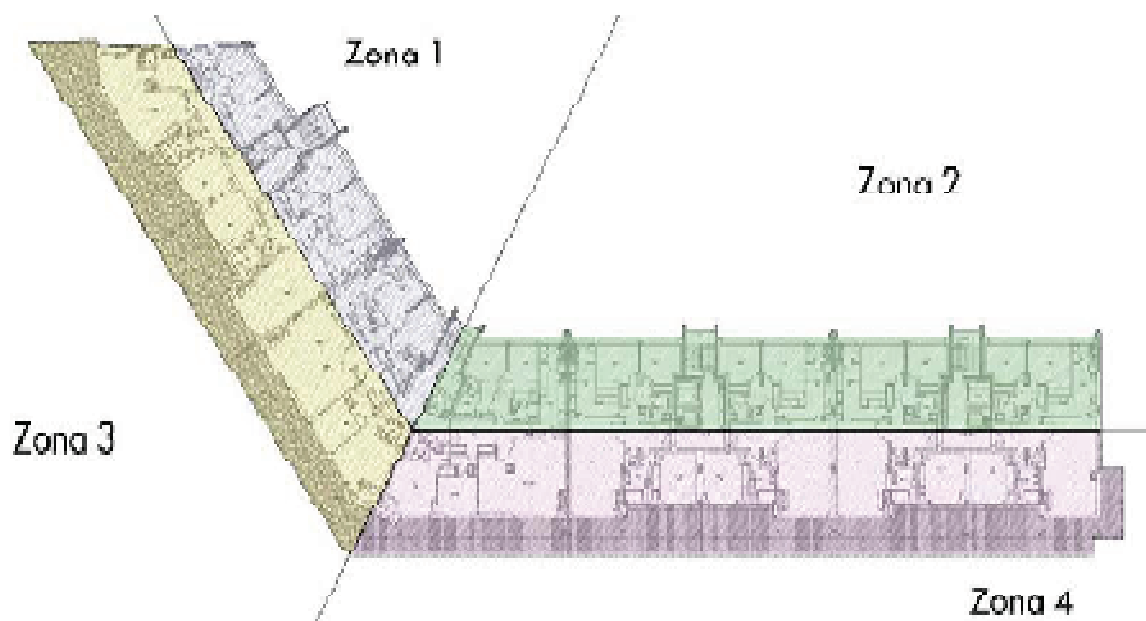


Figura 4.7. Zonamento do Empreendimento - Pisos 4 a 8

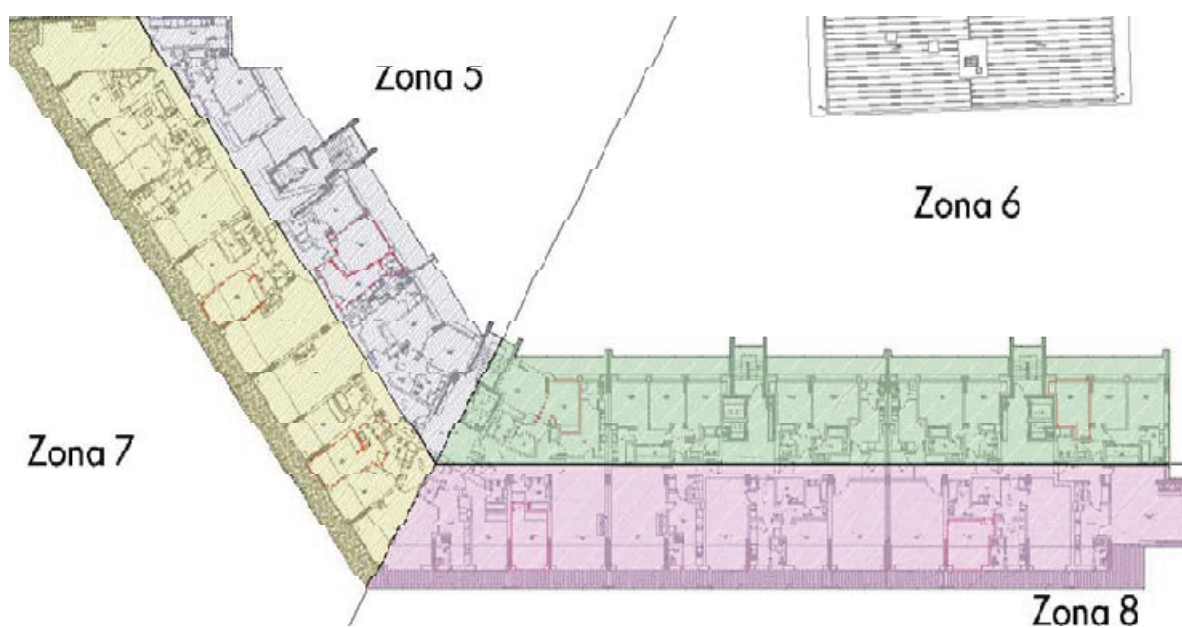


Figura 4.8. Zonamento do Empreendimento - Pisos R/C a 3

O edifício foi dividido nestas 8 zonas para um melhor entendimento dos valores pretendidos, já que do 3º Piso para o 8º Piso a oscilação era grande como irá ser demonstrado nos valores obtidos no ensaio.

4.4.2. Critério dos Valores Limite de Exposição

A avaliação do critério dos valores limite de exposição deve ser efectuada junto ao limite de implantação do terreno que alberga o edifício, de modo a verificar a influência da emissão de ruído associada a sua actividade para a envolvente próxima.

Em síntese, a avaliação em causa consiste em verificar as condições indicadas na Tabela 4.6., que se refere aos valores limite de exposição de uma zona mista, segundo o art.º 4.º do *Regulamento Geral do Ruído* (RGR).

Tabela 4.6. Valores limite de exposição. [Decreto lei nº 96/2008]

Período	L_{Aeq} (dB(A))
Período Noturno (22h00 – 07h00)	≤ 65
Diurno (07h00 – 22h00)	≤ 55

Na envolvente ao empreendimento não é perceptível qualquer ruído proveniente de equipamentos do edifício tendo o ambiente sonoro como fontes principais o tráfego das vias circundantes.

As Figuras 4.9. e 4.10. representam modelos de previsão do ruído (mapas de ruído), em período noturno, obtidos através da rotina de cálculo automático *Predictor V7.0* com base nas medições realizadas. Os planos verticais que definem a grelha de cálculo dos mapas de ruído correspondem a planos paralelos à fachada do edifício com um afastamento de 5 m face ao corpo superior do edifício.

Dos valores medidos (v. Anexo 5) e das simulações efectuadas conclui-se o seguinte (note-se que no caso das varandas estão apenas em causa as Zonas 3, 4, 7 e 8 (v. Figura 4.7. e 4.8.):

- As varandas localizadas na Zona 3 são as que se encontram mais expostas ao ruído exterior (fundamentalmente ao ruído proveniente da via com mais tráfego automóvel (auto-estrada)); ressalve-se que os níveis de ruído aumentam de forma notória à medida que se avança para Poente e em altura;

- Na Zona 7 os níveis reduzem-se, motivados fundamentalmente pela diminuição da exposição directa à via com mais tráfego, acrescendo o facto da topografia que confronta com a via marginal potenciar um efeito positivo (reduzindo a incidência das emissões provenientes desta via);
- Nas Zonas 4 e 8 os níveis de ruído que incidem nas fachadas do empreendimento provêm sobretudo dos acessos às avenidas circundantes ao edifício, avenida da parte de trás do edifício e, com menor intensidade, da rua da parte da frente do edifício, estas fachadas são as menos expostas (com a excepção da frente).
- De uma forma geral, os níveis de ruído medidos ao nível da fachadas variam, em função do tráfego circulante, entre os 50 dB(A) e os 65 dB(A), aumentando tendencialmente em função da altura e da proximidade com a via com mais tráfego automóvel;
- Confrontando os valores medidos com os termos de referência definidos, verifica-se que apenas nas zonas mais protegidas, mas sobretudo nas horas de menor circulação de tráfego, os níveis de ruído baixam para valores que tornam adequada a utilização das varandas para fins lúdicos (mas somente garantindo níveis de conforto mínimos);

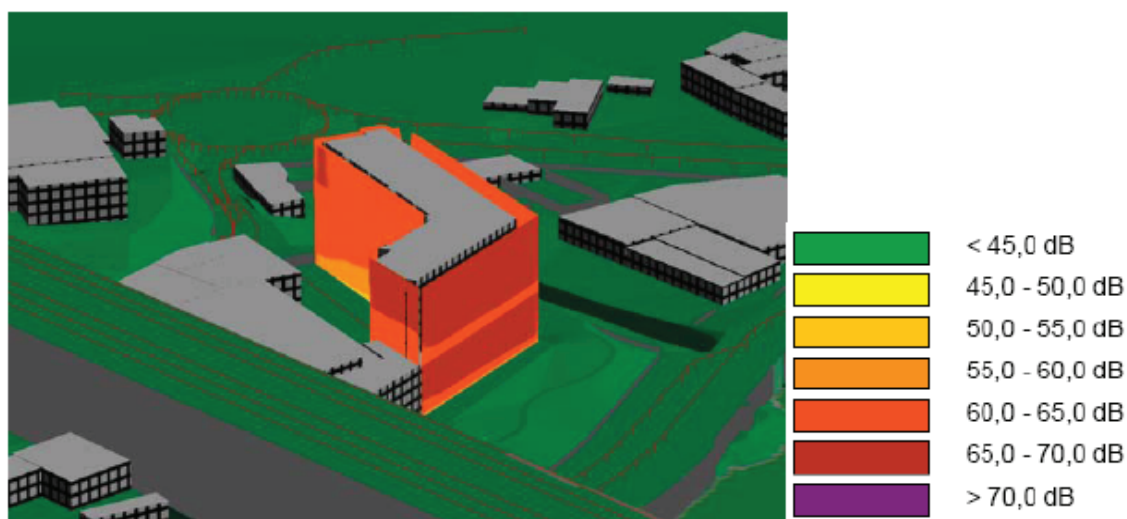


Figura 4.9. Modelo de Previsão do Ruído (alçado sul)

Para se ter uma melhor percepção e analisando a Figura 4.9, a zona com a mancha com o vermelho escuro localiza-se entre o 4º e o 8º piso, sendo que o 8º piso estará obviamente mais exposto pois está à mesma cota da via de onde é proveniente o ruído do tráfego. A

parte frontal do edifício ainda da mesma figura, também é de salientar que do 1º ao 3º piso também se encontra exposto aos valores limites.

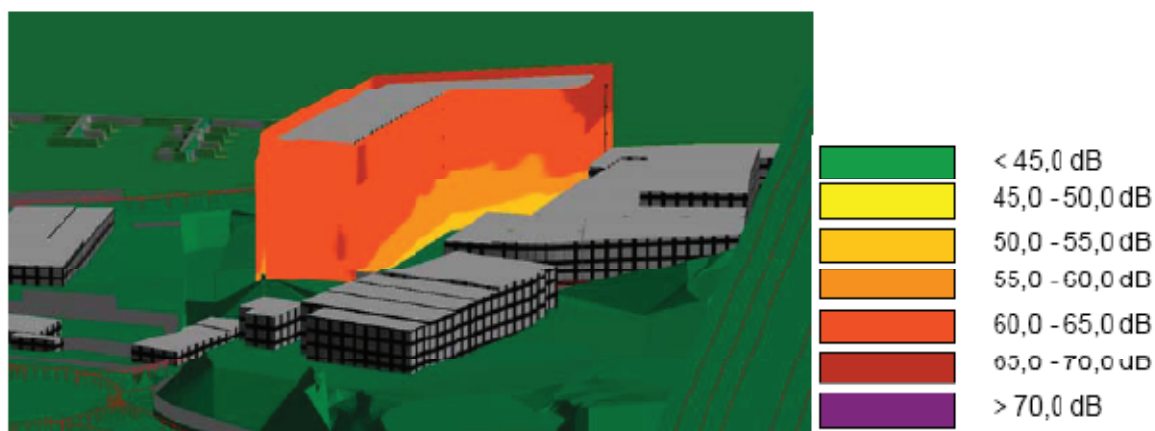


Figura 4.10. Modelo de Previsão do Ruído (alçado Norte)

Analisando as Figuras 4.10. e 4.11., verifica-se que o edifício e correspondentemente o terreno envolvente, se encontram em sobreexposição ao ruído, devido ao elevado tráfego circulante nas vias adjacentes. Para esta situação deverão ser tomadas medidas de minimização a prever no âmbito do Plano Municipal de Redução de Ruído, cuja elaboração é da responsabilidade da câmara municipal.

No entanto e tendo em consideração que este está inserido numa malha urbana designada por zona mista, chega-se à conclusão que, se encontra garantido o cumprimento do critério dos valores limite de exposição, no que diz respeito à emissão de ruído por parte do empreendimento em estudo. Neste ponto foi considerado que os valores limite de exposição exteriores que a legislação exige deveriam ser mais baixos, já que na prática torna-se impossível utilizar uma varanda com valores de ruído tão elevados, apesar de estes cumprirem a legislação em vigor.

4.4.3. Requisitos acústicos dos edifícios

Conforme foi referido na secção 4.3 deste Capítulo, há várias exigências regulamentares neste domínio. Para os ensaios acústicos foram seleccionados os espaços que apresentam as soluções construtivas acusticamente mais desfavoráveis, de acordo com os critérios de amostragem definidos pelo LNEC.

Os quadros seguintes apresentam os resultados obtidos em vários pontos do edifício, sendo de salientar que a zona crítica se situa no 8º piso do bloco D.

Tabela 4.7. Isolamento sonoro a sons aéreos de elementos de fachada, normalizado, $D_{2m,n,w}$

Local	$D_{2m,n,w}$ (real) (dB)	$D_{2m,n,w}$ (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Cumpre o RRAE
Sala comum				
(8º Piso - D)	32	35	33	Sim
(Zona critica)				
Sala comum				
(8º Piso - A)	37	40	33	Sim
Quarto				
(4º Piso - D)	38	41	33	Sim
Quarto				
(4º Piso - D)	35	38	33	Sim
Quarto				
(3º Piso - A)	35	38	33	Sim
Quarto				
(1º Piso - D)	32	35	33	Sim

Note-se que o facto de a sala comum do 8º Piso do Bloco D (v. Tabela 4.7) estar mais exposta aos ruídos provenientes da auto-estrada, apresenta um valor de 32 dB, o que mesmo para um zona mista são valores que não cumprem o *Regulamento Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE). No entanto, como cada ensaio tem uma margem de correcção, este fica a cumprir o RRAE, já que o valor após correcção é de 35 dB.

Tabela 4.8. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, normalizado, $D_{n,w}$

Local	$D_{n,w}$ (real) (dB)	$D_{n,w}$ (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Cumpre o RRAE
Sala comum				
(1º Piso - A)/ Sala comum (R/C - A)	61	64	50	Sim
(Vertical)				

Analisando os valores da Tabela 4.8, conclui-se que o isolamento aéreo entre habitações do edifício é muito bom, já que cumpre com valores bastante acima dos regulamentares.

Tabela 4.9. Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, normalizado, $D_{n,w}$

Local	$D_{n,w}$ (real) (dB)	$D_{n,w}$ (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Cumpre o RRAE
Quarto (1º Piso - A) / Quarto (R/C - A) (Vertical)	65	68	50	Sim
Sala (R/C - A) / Quarto (R/C - A) (Horizontal)	59	62	50	Sim
Patamar (R/C - A) / Sala (R/C - A) (Horizontal)	51	54	48	Sim
Garagem (-1º Piso - A) / Sala (R/C - A) (Vertical)	57	60	50	Sim
Garagem (-1º Piso - A) / Quarto (R/C - A) (Vertical)	58	61	50	Sim
Sala (4º Piso - B) / Sala (4º Piso - C) (Horizontal)	67	70	50	Sim
Patamar (8º Piso - D) / Quarto (8º Piso - D) (Horizontal)	52	55	48	Sim
Quarto (8º Piso - D) / Quarto (8º Piso - D) (Horizontal)	48	51	50	Sim

De salientar o facto do valor dos compartimentos do 8º piso do bloco D (v. Tabela 4.9.) estarem novamente no limite que a legislação permite. No caso dos valores apresentados na Tabela 4.10. o caso é mais difícil de resolver já que é referente a ruídos de percussão provenientes do patamar da entrada das habitações e que é perceptível no interior de um quarto. Mesmo cumprindo a legislação, é difícil para quem está num local onde o silêncio

é pretendido sentir um $L'_{n,w}$ de 58 dB. No entanto o facto de se sentir esse valor poderá ser por um fraco desempenho acústico da constituição da laje. Um erro construtivo pode estar na origem destes valores, já que só nesta zona os valores são tão elevados.

Tabela 4.10. Isolamento sonoro a sons de percussão entre compartimentos, normalizado, $L'_{n,w}$

Local	$L'_{n,w}$ (real) (dB)	$L'_{n,w}$ (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Cumprido o RRAE
Sala (1º Piso - A) / Sala (R/C - A) (Vertical)	49	46	60	Sim
Patamar (R/C - A) / Sala (R/C - A) (Horizontal)	57	54	60	Sim
Sala (4º Piso - B) / Sala (4º Piso - C) (Horizontal)	28	25	60	Sim
Patamar (8º Piso - D) / Quarto (8º Piso - D) (Horizontal)	61	58	60	Sim
Quarto (8º Piso - D) / Quarto (8º Piso - D) (Horizontal)	52	49	60	Sim

Tabela 4.11. Nível de ruído particular de equipamentos, L_{Ar}

Local	L_{Ar} (real) (dB)	L_{Ar} (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Cumprido o RRAE
Ruído Elevador Quarto (4º Piso - B)	32	29	35	Sim
Ruído Elevador Quarto (4º Piso - C)	33	30	35	Sim
Ruído Elevador Quarto (8º Piso - D)	34	31	35	Sim

Analisando os valores da Tabela 4.11., referentes ao ruído proveniente de equipamentos de utilização colectiva do edifício verifica-se que a escolha foi acertada, já que na fase de execução esse assunto foi mencionado pelo dono de obra, porque é vulgar na utilização de um edifício, que os ruídos provenientes do elevador e do sistema de ventilação sejam perceptíveis no interior das habitações.

No caso do empreendimento em estudo não era perceptível qualquer ruído proveniente desses equipamentos, tal como os resultados dos ensaios demonstram. Analisando as Tabelas de 4.7 a 4.11, conclui-se que se encontra garantido o cumprimento dos critérios regulamentares definidos no *Regulamento Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE).

4.5. Análise aos Ensaios

4.5.1. Isolamento Sonoro a Ruídos Aéreos Exteriores – $D_{2m,nT,w}$

Foram realizados ensaios relativos ao índice $D_{2m,nT,w}$, seleccionados de modo a avaliar quer o desempenho das soluções correntes instaladas no empreendimento, quer a eventual implementação de uma solução de maior desempenho por substituição do vidro (à frente designada como “vidro melhorado”).

Composição do Vidro Melhorado

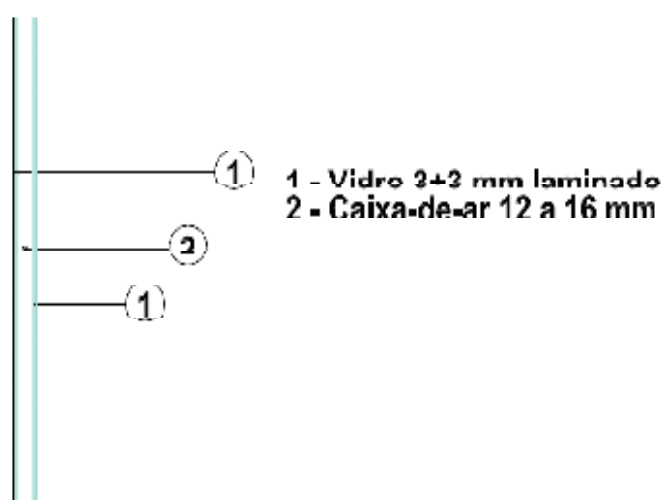


Figura 4.11. Composição do vidro melhorado.

Relativamente a este aspecto e de acordo com informações recolhidas em obra, as duas soluções de vidro em causa são:

- Solução actual: vidro duplo do tipo 5 + 12-16 + 3.3 (laminado) [mm] (v. Figura 4.7);
- Solução melhorada: vidro duplo do tipo 3.3 (laminado) + 12-16 + 3.3 laminado [mm] (v. Figura 4.12).

Os resultados obtidos são sintetizados na Tabela 4.12. a qual se menciona se o vidro cumpre ou não o limite regulamentar. Em conclusão, analisando a Tabela 4.12., importa referir que em todos os espaços analisados se encontra verificado o requisito de desempenho relativo ao índice $D_{2m,nT,w}$ exigível sob o ponto de vista regulamentar, atendendo à classificação municipal de zona mista.

Tabela 4.12. Verificação do comportamento do vidro colocado no edifício

Local	$D_{2m,nT,w}(C;C_{tr})$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (Corrigido) (dB)	Limite Regulamentar (RRAE) (dB)	Constituição da fachada	Cumpre o RRAE
Fogo 8º Piso					
Bloco D (Sala)	37 (-2;-4)	36 ⁽ⁱ⁾	≥ 33	Vidro actual	Sim
Fogo 8º Piso					
Bloco A (Sala)	42 (-2;-5)	40 ⁽ⁱ⁾	≥ 33	Vidro actual	Sim
Fogo 4º Piso				Vidro melhorado	
Bloco D (Quarto)	39 (-2;-6)	36 ⁽ⁱ⁾	≥ 33		Sim
Fogo 4º Piso					
Bloco D (Quarto)	35 (-1;-4)	34 ⁽ⁱ⁾	≥ 33	Vidro actual	Sim
Fogo 3º Piso					
Bloco A (Quarto)	36 (-1;-4)	39	≥ 33	Vidro actual	Sim
Fogo 1º Piso					
Bloco D (Quarto)	33 (-1;-3)	36	≥ 33	Vidro actual	Sim

⁽ⁱ⁾ Situações em que a área de envidraçados é superior a 60% da área da fachada em análise, para as quais foi aplicado o termo de correcção C_{tr} .

De salientar ainda que os valores obtidos através de ensaios acústicos são bastante satisfatórios, pois são valores bem acima do que se pretende no RRAE. Isto leva a concluir que não só o vidro tem características acústicas satisfatórias mas também a caixilharia. A opção de colocar um vidro com características únicas em termos acústicos poderia não ser uma boa solução, pois levaria a que a caixilharia tivesse que ser também especial para assim no conjunto ter um resultado melhor.

No entanto, dada a elevada percentagem de envidraçados face à área total de fachada o desempenho do vidro assume uma preponderância muito elevada, pelo que na maioria das situações a avaliação deve ser efectuada com o recurso ao termo de correcção C_{tr} , o que na prática reduz o potencial real de isolamento sonora destes elementos construtivos. Relativamente à comparação entre a solução de vidro actual e a solução melhorada verifica-se um incremento de desempenho significativo.

4.5.2. Níveis de Avaliação no Interior dos Fogos – LAr

As medições acústicas no interior foram realizadas em dias distintos procurando assim abarcar diferentes perfis de emissão de ruído provenientes das fontes exteriores identificadas. Tal estratégia tem como consequência directa a obtenção de níveis sonoros variáveis no interior, mas que garantem a representatividade face ao cenário acústico em causa.

Neste sentido, foram de facto registadas variações com algum significado entre os dois dias de medição, sem contudo comprometer a tendência geral observada no conjunto do empreendimento. Note-se que a análise desenvolvida se prende com a tendência geral observada, não obstante existirem casos pontuais que possam constituir excepção. Tais casos podem resultar por exemplo da passagem muito intensa de tráfego num determinado período temporal ou até heterogeneidades construtivas entre espaços ensaiados.

Na análise dos níveis sonoros interiores devem naturalmente ser distinguidos os casos dos quartos e das salas, uma vez que as exigências para ambos, em função do tipo de utilização preferencial destes compartimentos, são distintas. O caso das cozinhas será alvo de uma análise pontual.

Tabela 4.13. Valores de L_{Aeq} referentes à fachada do edifício.

Ponto de Medição	Piso	L_{Aeq} (dB(A))
P1	R/C	56,0
	2º	58,6
	4º	58,3
	6º	61,0
	8º	62,6
P2	R/C	52,1
	2º	53,8
	4º	59,8
	6º	62,2
	8º	64,6
P3	R/C	51,7
	2º	55,4
	4º	58,2
	6º	59,7
	8º	61,5
P4	R/C	58,1
	2º	60,4
	4º	61,3
	6º	61,7
	8º	63,1
P5	R/C	57,2
	2º	61,7
	4º	60,1
	6º	60,4
	8º	60,1
P6	R/C	55,6
	2º	58,8
	4º	57,6
	6º	59,2
	8º	59,0

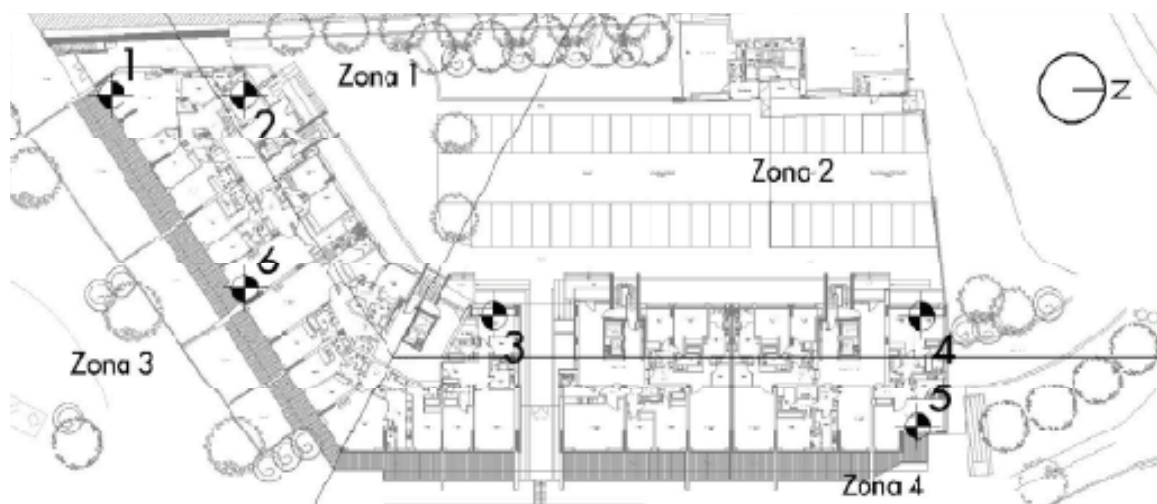


Figura 4.12. Localização em planta dos pontos de medição ao nível da fachada do edifício.

- Zona 1

Foram registados nesta zona níveis de avaliação entre os 29 dB(A) e os 38 dB(A) (com componente tonal associada), considerando os dois dias de medição. Atendendo a que nesta zona estão em causa somente quartos, conclui-se que os níveis medidos são incompatíveis com os termos de referência especificados. Concluiu-se que a influência do estore não é relevante para os níveis medidos, apesar de ser tecnicamente favorável a sua localização no exterior, já que termicamente este consegue evitar que os raios solares entrem na habitação e que a temperatura exterior esteja em contacto permanente com o vidro e caixilho originando condensações. De acordo com a Tabela 4.13 (P2 referente à zona 1) verifica-se ser uma zona particularmente exposta ao ruído proveniente da via com tráfego intenso (especialmente os Pisos 7 e 8).

- Zona 2

Foram registados nesta zona níveis de avaliação entre os 28 dB(A) e os 36 dB(A) (com componente tonal associada), considerando os dois dias de medição. Estando em causa exclusivamente quartos tal como na situação anterior, trata-se contudo de uma situação menos problemática em termos de exposição ao ruído, exceptuando os quartos pertencentes ao fogos do extremo norte do empreendimento.

De acordo com a Tabela 4.13. verifica-se ser uma zona ainda com uma exposição relevante ao ruído proveniente da via com mais tráfego. Contudo, na faixa de apartamentos a norte

verifica-se uma exposição significativa ao ruído proveniente da rua que se encontra em frente ao empreendimento.

- Zona 3

No caso da zona, 3 há que distinguir os valores obtidos em quartos e em salas, sob o ponto de vista das conclusões a retirar, pois ao nível dos resultados ambos são coerentes. Este comentário é naturalmente extensível às demais zonas que contenham os dois compartimentos. No caso dos quartos foram registados níveis de avaliação entre os 25 dB(A) (solução com vidro “melhorado”) e os 31 dB(A), considerando os dois dias de medição. Refira-se que não se considerou nestas conclusões os valores medidos no quarto de um fogo do 7º piso do bloco D uma vez que foram, para os dois dias de medição, dos valores mais elevados medidos no empreendimento, não tendo paralelo em compartimentos próximos. Admitiu-se assim tratar-se de algum defeito na colocação do envidraçado ou problema construtivo similar que condiciona o desempenho da solução.

No caso das salas, foi avaliada uma situação representativa, correspondente ao apartamento do 8º piso do bloco D, com um nível de avaliação da ordem dos 39 dB(A). De acordo com a Tabela 4.13., verifica-se ser uma zona particularmente exposta ao ruído proveniente da via com mais tráfego (especialmente os Pisos 7 e 8). Menos perceptível é o ruído de tráfego da avenida na parte de trás do edifício, mas também com significado nesta zona.

- Zona 4

No caso dos quartos, foram registados níveis de avaliação entre os 25 dB(A) e os 36 dB(A) (com componente tonal associada). No caso das salas foi avaliada uma situação representativa, correspondente ao apartamento do 8º piso do bloco A, com um nível de avaliação da ordem dos 30 dB(A).

De acordo com a Tabela 4.13. verifica-se ser uma zona particularmente exposta ao ruído proveniente da rua da frente do edifício. Menos perceptível é o ruído de tráfego proveniente dos acessos às vias circundantes ao edifício, mas também com significado nesta zona. É ainda de realçar para esta zona o efeito de barreira proporcionado pelo corpo edificado em relação ao ruído proveniente da via com mais tráfego.

- Zonas 5 e 6

Foram registados nestas zonas níveis de avaliação entre os 28 dB(A) e os 32 dB(A), para o dia de medição em que se verificou menor emissão de ruído proveniente das fontes exteriores. De acordo com a Tabela 4.13. verificam-se serem zonas expostas sobretudo ao ruído proveniente da rua da frente do edifício e, já com menor intensidade, da via com mais tráfego. Tal como na zona 2, na faixa de apartamentos a norte verifica-se uma exposição significativa ao ruído proveniente da via com mais tráfego (auto-estrada).

- Zonas 7 e 8

Foram registados nestas zonas os níveis de avaliação mais reduzidos de todo o empreendimento, na ordem dos 26 dB(A) a 28 dB(A). Trata-se de zonas menos expostas ao ruído proveniente da via com mais tráfego automóvel (auto-estrada), sendo mais condicionante a circulação de tráfego na avenida da parte de trás do edifício (zona 7) e acessos às vias circundantes ao edifício. (zona 8). Consequentemente, não se afiguram necessárias intervenções ao nível do reforço da envolvente exterior, quer ao nível dos quartos quer das salas.

- Cozinhas

Seleccionou-se uma situação tipo para a avaliação dos níveis sonoros (apartamento do 3º piso do bloco D correspondente à zona 1, já que essa fachada esta de frente para a auto-estrada), tendo sido registados valores (para a zona 1 no ponto de medição 2 os valores atingiram os $L_{Aeq} = 59,8$ dB(A)) na lavandaria e na cozinha com a respectiva porta para a lavandaria fechada. Verificou-se que na situação de utilização com exigências de conforto acústico, isto é, com a porta fechada, o nível de avaliação é compatível com os termos de referência propostos.

Realça-se todavia a existência de uma situação particular ao nível da zona 3, para os fogos orientados a Poente, nos quais as janelas das cozinhas, com grelhas para admissão de ar, confrontam directamente com o exterior sem qualquer tipo de tratamento acústico. Dados os elevados níveis de ruído a que esta zona se encontra exposta (v. Tabela 4.13.), importa efectuar o tratamento destes pontos singulares das fachadas.

Capítulo 5 – Soluções ao Estudo de Caso

5.1. Introdução

O presente Capítulo visa a caracterização da situação actual com base num conjunto de campanhas de ensaios acústicos e a consequente definição de uma estratégia de intervenção, de modo a dotar o empreendimento em estudo de condições de conforto acústico adequadas aos termos de referência propostos neste trabalho, designadamente nas seguintes vertentes:

- Condições de sossego nos quartos compatíveis com o sono;
- Condições de concentração nas salas compatíveis com actividades de lazer;
- Condições de conforto nas cozinhas;
- Utilização das varandas exteriores para actividade lúdicas.

No presente Capítulo não constitui um projecto de condicionamento acústico ou de reabilitação acústico mas um estudo orientador de uma intervenção geral neste domínio, que deverá colher a aprovação dos responsáveis pelos projectos das especialidades envolvidas, designadamente da Acústica e Arquitectura.

Nesta perspectiva, refere-se igualmente não estar em causa a verificação de quaisquer requisitos de natureza regulamentar, embora sejam considerados parcialmente como referência. No estudo, serão abordados os seguintes aspectos:

- Descrição da situação em estudo;
- Termos de referência propostos;
- Resultados e análise dos ensaios acústicos;
- Estratégia de intervenção;
- Considerações finais.

Como foi descrito no Capítulo 4, apesar do empreendimento em estudo cumprir todas as exigências legais a que está sujeito, o mesmo pode ter melhorias o que faz com que esses valores sejam adequados para um edifício de habitação.

Sendo assim, o objectivo deste Capítulo é apresentar soluções (v. Figura 5.1.) com matérias de bom comportamento acústico que ajudem a melhorar a performance acústica do edifício

em estudo. Na Figura 5.1. é apresentada a metodologia de combate ao ruído, dependendo essencialmente da origem do ruído assim será o tipo de solução a adoptar, no entanto para melhor percepção do que foi dito é sugerido o seguinte esquema:

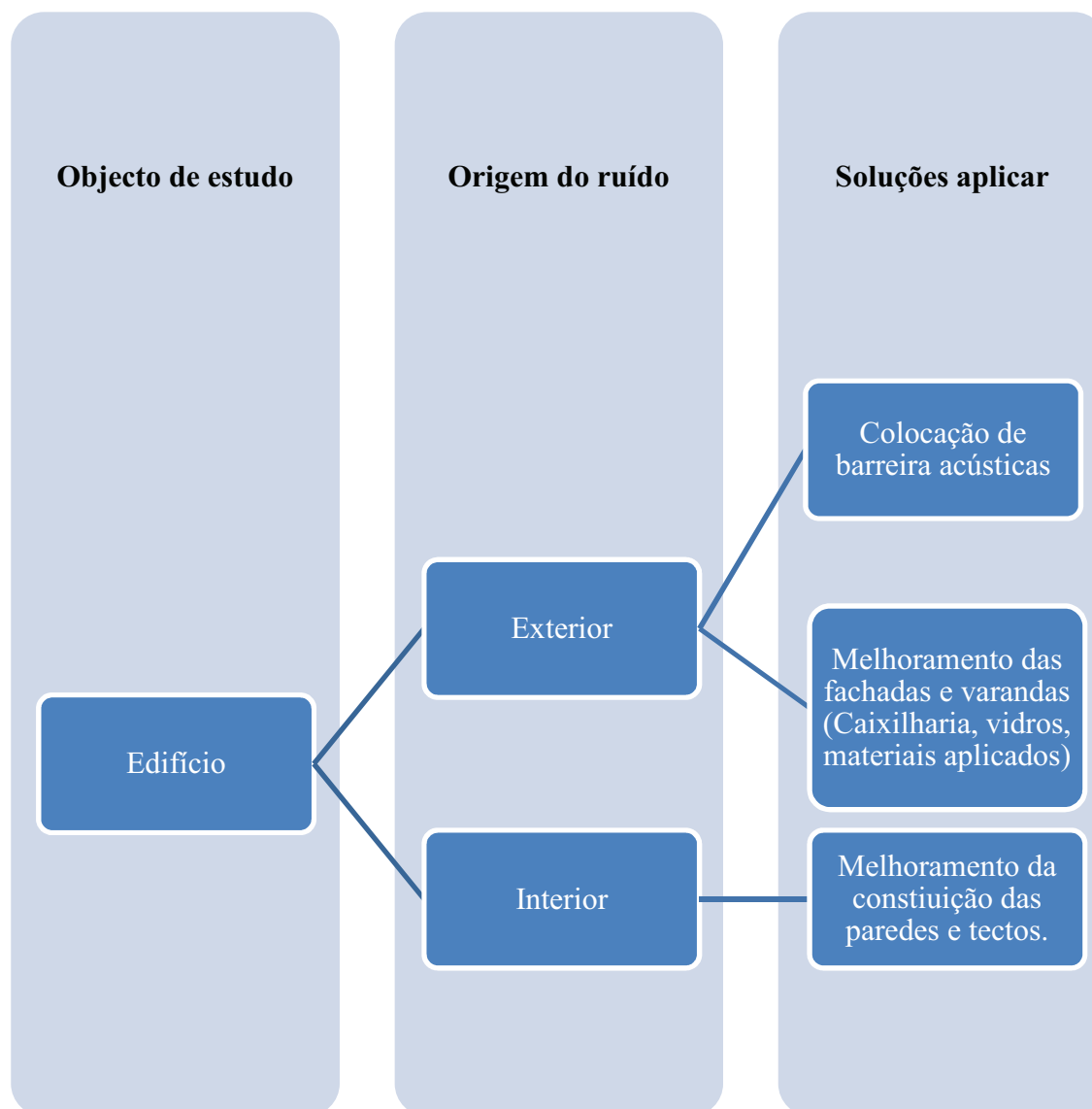


Figura 5.1. Organograma funcional de resolução dos problemas do ruído.

5.2. Soluções a Ruídos Provenientes do Exterior

O ruído mais incomodativo proveniente do exterior tem origem nas vias circundantes do empreendimento em especial da via com mais tráfego (auto-estrada). Para o caso específico do ruído proveniente da auto-estrada a solução proposta seria a colocação de

barreiras acústicas com 4 m de altura, já que é impossível de outra forma formar uma barreira contra o ruído proveniente desta via.

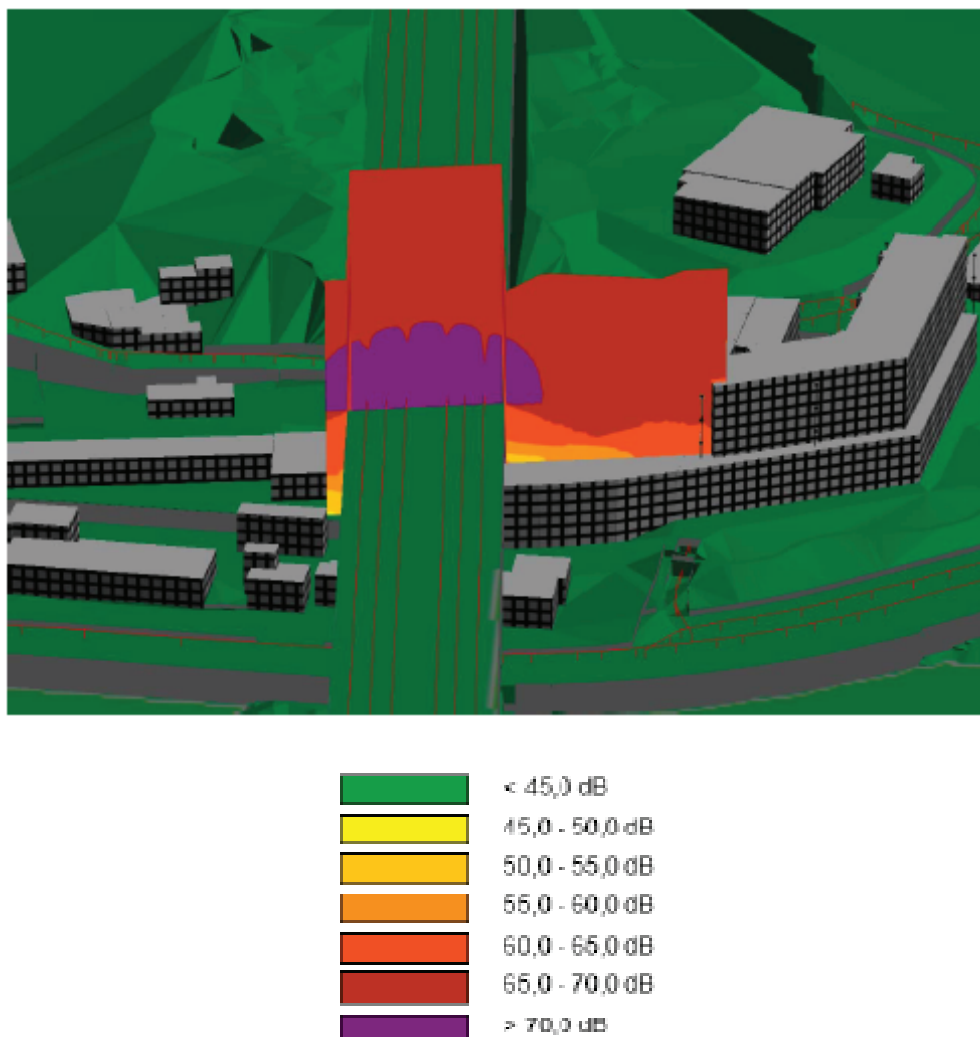


Figura 5.2. Modelação do ruído proveniente da auto-estrada

Analisando a Figura 5.2, verifica-se que o ruído proveniente da auto-estrada ultrapassa os 65 dB (zona demarcada com laranja escuro) atinge o empreendimento do 4º Piso até à cobertura. Com a colocação de barreiras acústicas de 4m de altura (v. Figura 5.3) (barreiras acrílicas com 4 m de desenvolvimento e absorção média de 0,2 em todas as frequências de interesse) o nível de pressão sonora que atinge o empreendimento já só será de 60 dB. Tratando-se de uma zona exterior no meio urbano, considera-se um melhoramento muito bom. Estes valores, só se verificarão em condições de tráfego rodoviário máximo ou seja, de segunda-feira a sexta-feira das 18h as 20h.

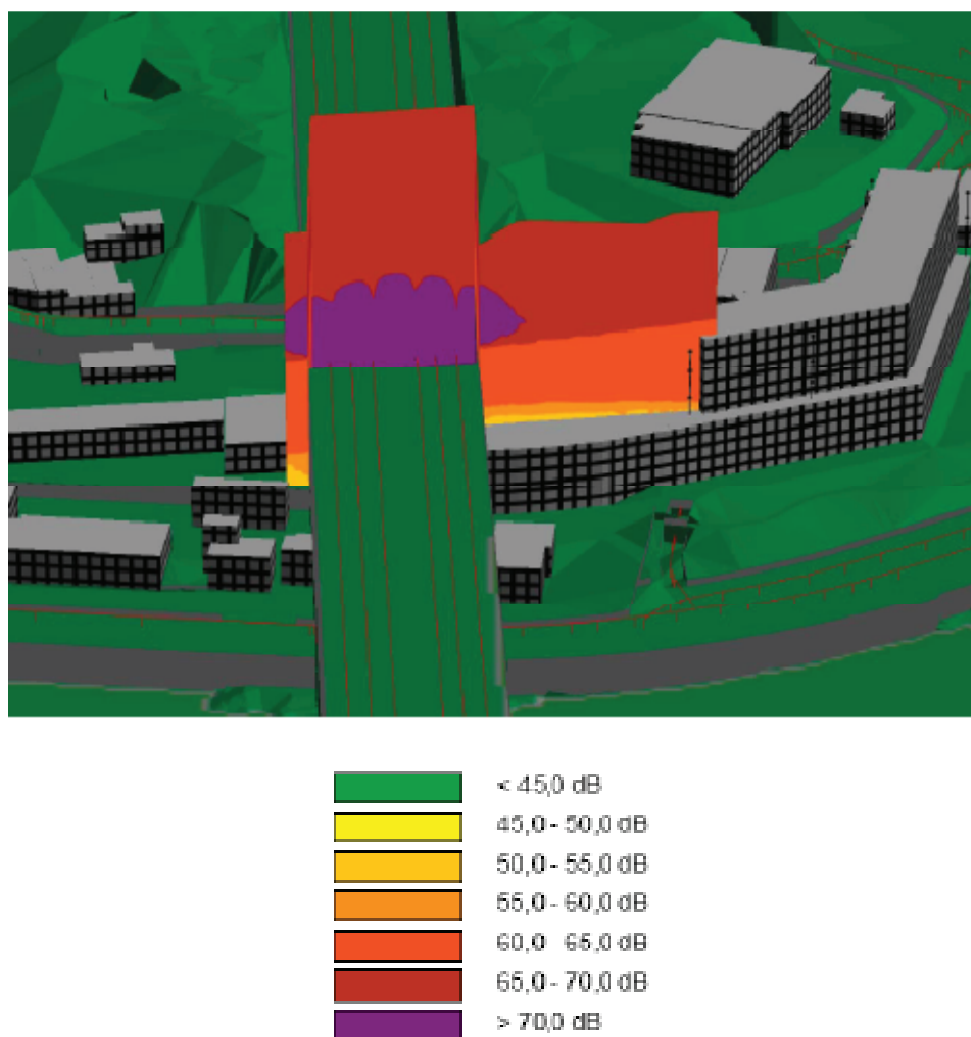


Figura 5.3. Modelação do ruído proveniente da auto-estrada com barreiras acústicas.

Concluiu-se neste estudo que a distância à fonte e a posição relativa da mesma tornam pouco eficaz a utilização das barreiras desprovidas de absorção, pois as mesmas só garantem previsivelmente uma perda por inserção na ordem dos 4 dB(A) a 5 dB(A).

Em síntese, em termos de utilização das varandas para fins lúdicos e em função dos termos de referência propostos, tem-se as seguintes situações:

- As Zonas 4 e 8 (v. Figura 4.7. e 4.8.) são potencialmente compatíveis com essa utilização, durante períodos de tempo reduzidos para os quais a circulação de tráfego se processe com menor intensidade;

- As Zonas 3 e 7 (v. Figura 4.7. e 4.8.) não são compatíveis com essa utilização durante períodos de tempo com significado, sem a utilização de medidas de correcção adicionais;
- A utilização do espaço exterior das varandas para fins lúdicos durante períodos de tempo alargados apenas será viável desenvolvendo um plano de redução de ruído a nível local, tendo em conta as diversas fontes de ruído identificadas e abordando aspectos como a alteração do tipo de pavimento, a redução da velocidade de circulação de veículos (entre outros), para além da referida questão das barreiras acústicas;
- Intervenções pontuais ao nível das próprias varandas, como a substituição dos revestimentos de tectos existentes por uma solução com elevada absorção sonora permitirão ganhos adicionais de conforto acústico, embora moderados, pelo que devem ser complementados pelas demais medidas enunciadas.

5.3. Soluções a Ruídos Provenientes do Interior

Nesta secção sintetizam-se as principais intervenções previstas para o empreendimento em análise, detalhadas tecnicamente. Refira-se como nota aplicável a todas as intervenções sugeridas a necessidade da sua compatibilização com as diversas especialidades envolvidas nos aspectos pertinentes. É certo que cada edifício tem as suas necessidades em termos acústicos, como já foi referido anteriormente a envolvente exterior é o factor que mais pode influenciar o nível acústico de um edifício. É com base nas medições realizadas, que se propõe este tipo de soluções, já que estas podem não servir para outro tipo de empreendimento com outros valores acústicos.

De salientar que as soluções tiveram em conta critérios onde fosse viável a sua aplicação no edifício, como por exemplo a aplicabilidade conjunta com a arquitectura, a térmica e abastecimento de gás. A interacção com as outras especialidades é relevante já que podem definir critérios que retirem as mesmas como soluções viáveis. Portanto as soluções estudadas vão de encontro as características arquitectónicas do edifício, do projecto de gás (no caso das aberturas das grelhas nas cozinhas ou lavandarias) e do projecto de térmica (definição do vidro).

Em resumo as intervenções sugeridas encontram-se na Tabela 5.1. estando divididas por espaços de aplicação e a sua descrição geral. No ponto seguinte irá ser demonstrado todas as soluções apresentadas bem como o seu comportamento a nível acústico e a sua aplicabilidade no edifício.

Tabela 5.1. Resumo das soluções a colocar no empreendimento

Intervenção	Descrição Geral	Zonas do Empreendimento	Espaços
Jn 01	Reforço do vão envidraçado existente com um caixilho e vidro simples pelo interior de modo a materializar uma janela dupla.	Zona 1	Quartos
		Zona 2 (prumada Norte)	
		Zona 6 (prumada Norte)	
		Zona 2	
Ve 01	Substituição do vidro corrente aplicado por uma nova solução de vidro com desempenho acústico melhorado.	Zona 3	Quartos
		Zona 4	
		Zona 5	
		Zona 6	
Ta 01	Utilização de um revestimento de tecto à base de projecção de fibras de celulose, com acabamento contínuo; elevada absorção sonora.	Zona 3 (prumada Poente)	Salas
		Zona 3	
		Zona 4	
Gr 01	Interposição de um circuito de atenuação acústica ao nível das grelhas das cozinhas mais expostas à auto-estrada.	Zona 3 (prumada Poente)	Cozinhas

5.3.1. Solução Jn01

A primeira solução apresentada na Tabela 5.1. é o reforço no vão envidraçado existente com a colocação de um caixilho e vidro simples pelo interior de modo a materializar uma janela dupla (Jn 01). Esta intervenção provoca um elevado reforço do isolamento sonoro dos vãos envidraçados exteriores mediante a colocação de um novo caixilho pelo interior, materializando assim uma solução de janela dupla. O índice de redução sonora será $R_w \geq 43$ dB.

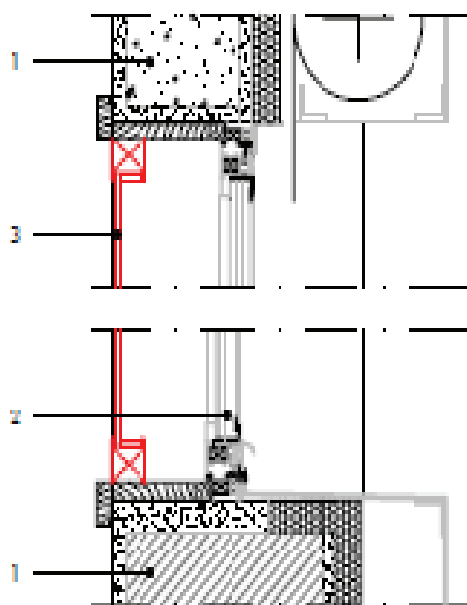


Figura 5.4. Pormenorização construtiva da solução Jn01.

A colocação de um novo caixilho pelo interior depende das características de abertura da caixilharia existente, ou seja, esta só poderá ser colocada se a caixilharia existente for de correr. Assim sendo, a solução passa pela duplicação pelo interior com um segundo caixilho afastado cerca de 0,10m (ou mais) (v. Figura 5.4.), dotado do seguinte vidro: vidro simples laminado composto por dois panos de vidro com 3 mm de espessura cada, solidarizados entre si através de filme de butiral de polivinil (PVB), tipo “Saint Gobain SGG Stadip Silence 33.1, com $R_w \geq 36$ (C;C_{tr}) (-1;-3) dB. A caixilharia deverá ter uma classe mínima de estanquidade de 3 e um valor de R_w não inferior ao do vidro e todos os vãos de abrir devem ser dotados de pelúcias de correr ou empanques de borracha de modo a garantir uma perfeita colmatação das juntas existentes entre elementos fixos entre si e entre elementos que devem mover-se um relativamente ao outro.

5.3.2. Solução Ve01

A segunda solução apresentada na Tabela 5.1. é a substituição do vidro existente na caixilharia por uma composição de vidro duplo com ambos os panos constituídos por vários laminados de índice de redução sonora $R_w \geq 40$ (-1;-4) dB (Ve 01) (v. Figura 5.5.).

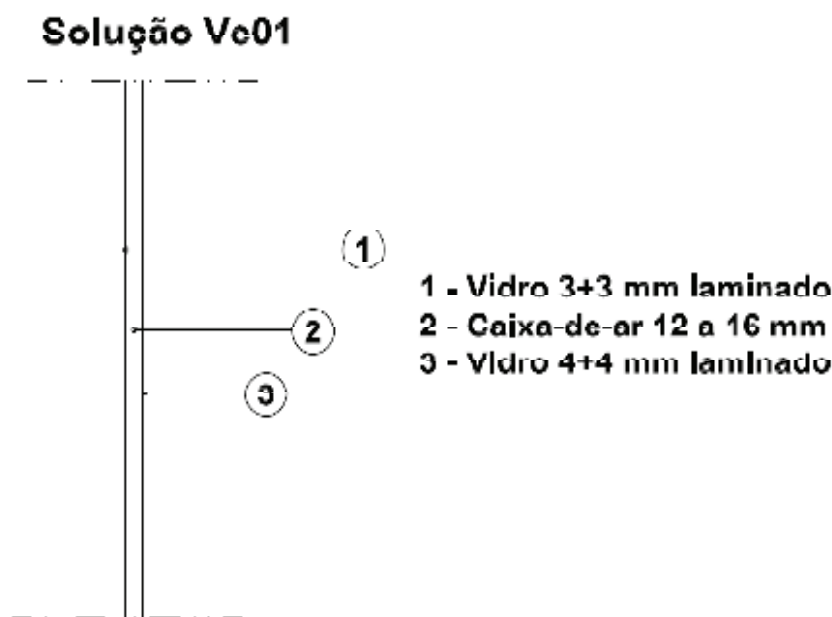


Figura 5.5. Pormenorização construtiva da solução Ve01

O vidro deverá ter as características do vidro “Saint Gobain SGG Stadip Silence 33.1” e que o atravancamento total mínimo seja de aproximadamente 26 mm. Para concepção desta solução é necessário ter em consideração os seguintes aspectos:

- A caixilharia deverá ter uma classe mínima de estanquidade 3 e um valor de R_w não inferior ao do vidro;
- Esta solução destina-se somente a garantir as exigências de desempenho acústico e deverá ser coordenado com eventuais exigências estruturais, segurança, térmicas e de ventilação;
- Assume-se a utilização de caixilhos de abrir em detrimento dos de correr;

Todos os vãos de abrir devem ser dotados de pelúcias de correr ou empanques de borracha de modo a garantir uma perfeita colmatação das juntas existentes entre elementos fixos entre si e entre elementos que devem mover-se um relativamente ao outro.

5.3.3. Solução Ta01

A terceira solução apresentada na Tabela 5.1. é a colocação de revestimento de elevada absorção sonora em lã mineral com superfície decorativa contínua, podendo ser aplicado

sobre um tecto falso sem características de absorção sonora ou directamente sobre a laje estrutural (v. Figura 5.6.), tendo uma absorção média $NRC \geq 0,70$ (Ta 01).

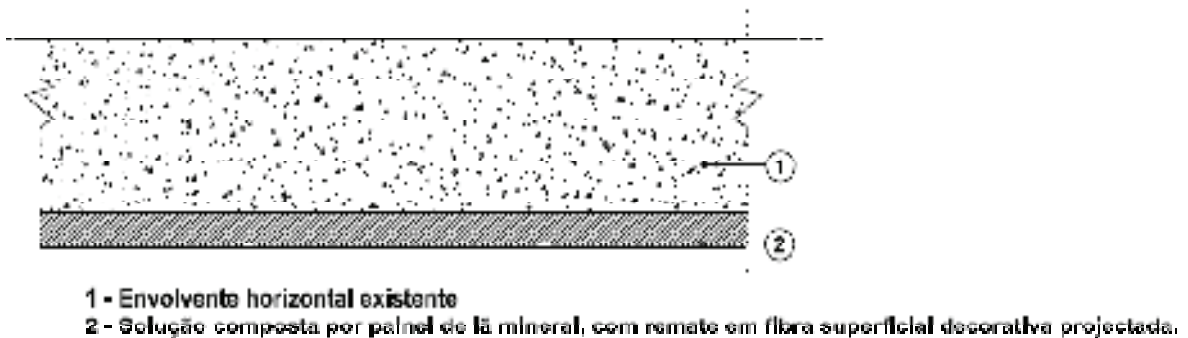


Figura 5.6. Pormenorização construtiva da solução Ta01.

Na concepção desta solução é necessário ter em atenção os seguintes aspectos:

- As juntas entre placas deverão ser adequadamente tratadas com fitas e massas apropriadas;
- Os painéis de lã mineral deverão encontrar-se perfeitamente nivelados e contínuos;
- Permite acabamentos com textura do tipo reboco, estanhado ou projectado.

Esta solução foi baseada na solução comercial para revestimento de tecto do tipo “BASWaphon (30mm+5mm)” da STIER.

5.3.4. Solução Gr01

A última solução apresentada na Tabela 5.1. é a colocação de uma grelha atenuadora de ruído, já que a colocação de grelha para ventilação em locais onde existe alimentação de gás é obrigatória (em geral encontra-se em cozinhas e/ou lavandarias) pelo projecto de licenciamento de gás (Gr 01).

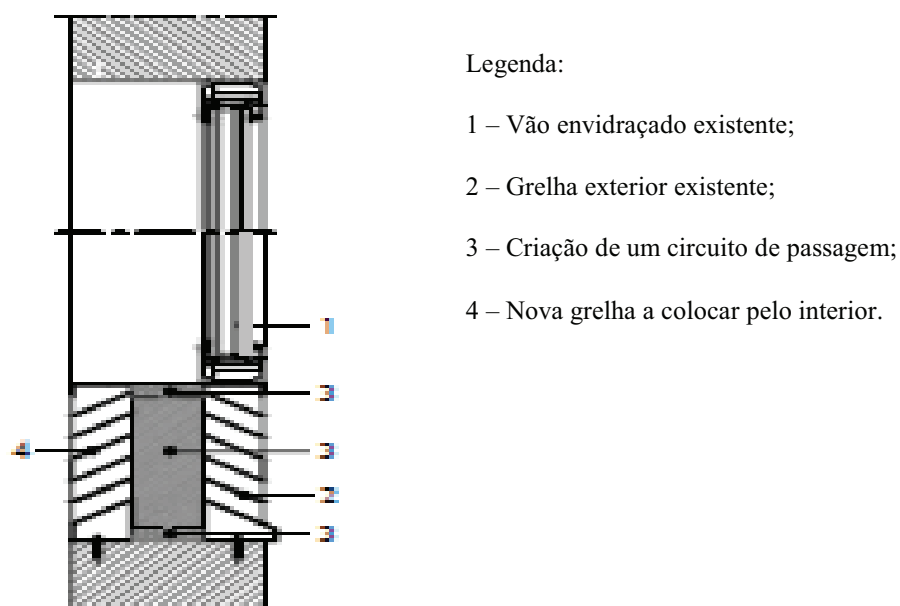


Figura 5.7. Pormenorização construtiva da solução Gr01.

O objectivo desta intervenção é evitar que o ruído entre directamente no interior da habitação pela grelha, mas tendo em atenção ao limite mínimo regulamentar de abertura que a grelha deverá ter para garantir a ventilação do espaço a jusante. Esta intervenção consiste na interposição de um circuito de atenuação acústica nas grelhas existentes nas caixilharias das janelas aplicadas nas cozinhas e/ou lavandarias mais expostas ao ruído (ruído mais acentuada proveniente da auto-estrada como já foi verificado anteriormente), ou seja, a criação de um circuito de passagem de ar, revestido perimetralmente com um material de elevada absorção sonora (índice $NRC \geq 0,80$), com a maior extensão possível (desejavelmente superior a 15 cm).

Com esta intervenção deverá ser garantido um índice de desempenho da fachada $D_{2m,nT,W} \geq 33$ dB. Caso a opção passe por uma solução ensaiada laboratorialmente (situação mais desejável), o índice de desempenho da fachada passará para $D_{n,e,W} (Ctr) \geq 39$ dB. Na concepção desta solução é necessário ter em atenção que a aplicação deverá ser validada pelas especialidades de segurança e ventilação.

5.4. Quantificação das soluções

É pretendido nesta secção analisar os valores obtidos através das soluções e comparar com o que inicialmente foi executado.

Tabela 5.2. Quantificação das soluções

Solução	Solução de projecto	Valores das soluções
Jn 01	$36 < R_w < 39$	$R_w \geq 43$ dB
Ve 01	$R_w \geq 39$ (-2;-6) dB	$R_w \geq 40$ (-1;-4) dB
Ta 01	$NRC \geq 0,65$	$NRC \geq 0,70$
Gr 01	$D_{n,e,W} \geq 27$ dB	$D_{n,e,W} (Ctr) \geq 39$ dB

Analizando a Tabela 5.2. e como o pretendido é demonstrar através das soluções apresentadas que se pode melhorar a situação acústica do edifício, chega-se à conclusão que com a introdução das soluções Jn01 e Gr 01 os utilizadores do edifício irão sair beneficiados. Tendo em consideração os valores sem dúvida que é urgente actuar sobre as grelhas de ventilação das cozinhas viradas a poente (fachada que está exposta ao ruído proveniente da auto-estrada) e definir algumas zonas de intervenção nas janelas dos quartos virados para a parte da frente do edifício.

Capítulo 6 - Conclusão

6.1. Considerações Finais

Diversos estudos internacionais (e.g. OMS, 1999) demonstram que a maioria dos residentes no espaço europeu prefere dormir com as janelas ligeiramente abertas de modo a garantir uma ventilação adequada do espaço interior dos seus quartos. Nesse caso os níveis sonoros exteriores sofrem fortemente uma atenuação entre 10 a 15 dB independentemente da solução construtiva em causa.

Para esse efeito, torna-se necessário garantir durante o período nocturno níveis sonoros não superiores a 45 dB(A) nas fachadas, de modo a que os respectivos níveis no interior não ultrapassem 30 dB(A). Tal objectivo apenas é possível de concretizar em áreas urbanas cujos níveis sonoros sejam compatíveis com a classificação de zonas sensíveis.

No caso de zonas com níveis de ruído exteriores mais elevados (como a zona em causa neste estudo), deverá recorrer-se numa fase inicial do projecto de Arquitectura à disposição dos espaços onde existem exigências particulares de conforto acústico (quartos e salas) em locais menos expostos às principais fontes de ruído exterior (recorrendo por exemplo a corpos do próprio edifício que funcionem como barreira acústica para esses espaços).

Na fase actual de desenvolvimento deste empreendimento, tecnicamente afigura-se somente possível intervir nos próprios espaços em causa, estando assim impedido o usufruto dos quartos com as janelas abertas face aos elevados níveis exteriores de ruído a que estes se encontram expostos.

Neste cenário, foi proposta uma estratégia de intervenção que consistiu, de uma forma genérica, na adopção de soluções de reforço do isolamento sonoro no receptor, quer de forma directa através da intervenção nos vãos envidraçados e nas grelhas de ventilação, quer de forma indirecta intervindo nas condições de absorção de alguns espaços.

Tais soluções permitem atingir níveis de desempenho que, face aos termos de referência propostos, se situam entre os mínimos e os recomendados.

Ao nível da utilização das varandas não se afigura como eficaz a adopção de medidas no receptor que não integradas numa estratégia de redução de ruído a nível local.

É inegável que os distúrbios de sono provocados por níveis elevados de ruído de tráfego são factores causadores de incómodo na qualidade de vida dos utilizadores dos edifícios. No entanto, estudos recentes (OMS, 2004) mostram que para além da questão do conforto, os níveis de saúde dos mesmos utilizadores podem ser também severamente afectados, o que torna as problemáticas abordadas neste estudo deveras relevantes.

Foram cumpridos os objectivos de verificação do comportamento acústico do edifício em estudo, tendo em conta as exigências da legislação em vigor, assim como o estabelecimento de soluções para a melhoria dessas mesmas habitações com o intuito de torná-las, no entender do Autor, adequadas às necessidades para o bem-estar do ser humano. De realçar que uma das melhorias propostas neste trabalho está em fase de estudo para ser implantada no edifício. Trata-se da solução Gr01 que basicamente consiste na colocação de grelhas atenuadoras de ruído em substituição das grelhas de ventilação colocadas nas cozinhas e lavandarias. A solução das barreiras acústicas também está em fase de estudo, já que isso não depende do promotor mas sim do organismo *Estradas de Portugal*.

Ao longo desta tese, os objectivos principais foram cumpridos, ou seja, esclarecer as fases de um bom projecto acústico e as soluções que minimizem o ruído dentro de uma habitação. Assim, para ser executado um bom projecto de condicionamento acústico, é necessário:

- Avaliar a zona envolvente do terreno onde vai ser projectado o edifício através dos mapas de ruído ou plantas de pormenor que existem para consulta nas Câmaras Municipais;
- Elaborar pormenores construtivos compatíveis com as necessidades que o edifício precisa;
- Escolher materiais com a marca de qualidade LNEC, já que só assim se pode ter a certeza da qualidade acústica desse material;
- Executar convenientemente por parte do empreiteiro, os pormenores construtivos elaborados pelo projectista. Para isso, é necessário um acompanhamento permanente de entidade fiscalizadora que esteja sensibilizada para os problemas da acústica nos edifícios;

- Elaborar ensaios acústicos para se encontrar possíveis problemas que possam existir.

Em termos de soluções que minimizem o ruído na habitação é necessário:

- Colocar camadas resilientes nos pavimentos entre a betonilha de regularização e laje estrutural;
- Desligar as paredes de separação dos compartimentos com o pavimento, com a colocação de uma banda acústica;
- Colocar bandas de borracha nas portas interiores, de maneira a que nunca exista choque entre a porta e o aro;
- Colocar vidros com elevada performance acústica e de caixilharias que correspondam aos valores dos vidros;
- Evitar colocar vidros duplos com paredes laterais de espessura idêntica;
- Isolar a caixa de estore com banda acústica;
- Tectos falsos em gesso cartonado com isolamento de lã de rocha e se possível o gesso cartonado com características de porosidade elevada;
- Isolar as grelhas de ventilação da cozinha, tendo em conta as necessidades que o projecto de gás exige;
- Isolar a rede de tubagem de águas e saneamento interiores;
- Proteger a caixa de escadas (se existir) e da caixa de elevador (se existir) de maneira a que o equipamento não seja perceptível das habitações.

Como uma última conclusão, o Autor propõe que uma entidade como a ADENE (o que acontece para a verificação dos resultados do comportamento térmico de um edifício), verifique no controle do comportamento acústico de um edifício em Portugal.

6.2. Recomendações a trabalhos futuros

Em trabalhos futuros, seria importante investigar e analisar o comportamento acústico de edifícios recentes em utilização e compará-los com edifícios requalificados, para assim se verificar até que ponto a construção executada de raiz e a requalificação estão a ser desenvolvidas na parte da acústica.

Referências Bibliográficas

Bibliografia

- Calejo R. (2008) – *Apointamentos de Manutenção e Reabilitação de Edifícios*. Porto, Edições FEUP.
- Comissão Europeia (1996), *Livro Verde sobre a Futura Política de Ruído*.
- Costa, Ennio Cruz da (2003) – *A Acústica Técnica*. Editora Edgard Bluchert, Lda, São Paulo, 1º Edição.
- Domingues, Odete (2010) – *A Acústica nos Edifícios – Pavimentos e revestimentos de pavimentos, isolamento a sons de percussão*. Edições LNEC, Lisboa, 2º Edição.
- Decreto-Lei nº 9/2007, *Regulamento Geral do Ruído*, 17 de Janeiro de 2007.
- Decreto-Lei nº 129/2002, *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*, 11 de Maio de 2002.
- Decreto-Lei nº 96/2008, *Alteração ao Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*, 9 de Junho de 2008.
- Decreto-Lei nº 251/1987, *Regulamento Geral do Ruído*, de 14 de Junho de 1987.
- Decreto-Lei nº 292/1989, *Regulamento Geral do Ruído*, de 2 de Setembro de 1989.
- Decreto-Lei nº 292/2000, *Regime Legal de Poluição Sonora*, de 14 de Novembro de 2000.
- Decreto-Lei nº 146/2006, *Prevenção e o controlo de poluição sonora*, de 31 de Julho de 2006.
- Directiva 89/106/CEE, *Directiva dos Produtos de Construção*, de 21 de Dezembro de 1988.
- Direcção Geral do Ambiente (1999-A), *Ruído Ambiente em Portugal*.
- Direcção Geral do Ambiente (1999-B), *Relatório do estado do ambiente – Ruído*, 1999.
- Oliveira de Carvalho, A. P. (2009) – “Acústica Ambiental e de Edifícios”. FEUP, Porto, Edição 7.2.
- Organização Mundial de Saúde (2004), *Noise effects and morbidity*.
- Organização Mundial da Saúde (1999), *Guidelines for community noise*.
- Patrício, Jorge Viçoso (2008-A) – *A Acústica nos Edifícios – Guia para qualificação da transmissão marginal*. Edições LNEC, Lisboa, 8º Edição.
- Patrício, Jorge Viçoso (2008-B) – *Acústica nos Edifícios*. Verlag Dashofer, Edições Profissionais, Unip., Lda, Lisboa, 5º Edição.
- Patrício, Jorge Viçoso (2007) – *Acústica nos Edifícios*. Verlag Dashofer, Edições Profissionais, Unip., Lda, Lisboa, 4º Edição.
- Patrício, Jorge Viçoso (2005) – *Estado de implementação da regulamentação acústica de edifícios em Portugal*. Edições LNEC, Lisboa.
- Portaria n.º 232/2008 de 11 de Março.

Roxo, V. *et al.* (2008) – *Consequências da utilização de parâmetros padronizados nas alterações do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios*. Universidade do Algarve, Coimbra.

SOPSEC (2009) - Acústica, *Estudo de Comportamento Acústico Envolvente Exterior*.

Silva, P. Martins da (2009) – *Projecto de condicionamento acústico de edifícios*. Edições LNEC, Lisboa, 3º Edição.

URL 1:

www.acusticateoria.com.br/linha-residencial02.asp (consultado dia 12 de Maio de 2010).

URL 2:

Imperialium – <http://www.imperialium.com>. (consultado dia 23 de Abril de 2010).

URL 3:

Saint-Gobain-Glass – <http://pt.saint-gobain-glass.com>. (consultado dia 28 de Abril de 2010).

URL 4:

Instituto do ambiente – <http://www.iambiente.pt>. (consultado dia 11 de Maio de 2010).

Anexo 1 - Ficha Técnica da Tela Acústica Impersom

IMPERSOM – ISOLAMENTO ACÚSTICO

O movimento de um corpo, o funcionamento de aparelhos de rádio, veículos, pessoas, etc., causa perturbações na atmosfera envolvente, e consequentemente ruído. O IMPERSOM é uma solução que se destina à redução desses ruídos, quer sejam em paredes, tectos ou lajes.

REDUÇÃO DOS SONS DE PERCUSSÃO EM LAJES DIVISÓRIAS DE PISOS

O IMPERSOM PAVIMENTOS é uma solução acústica desenvolvida especialmente para serem colocadas sob betão armado (betão armado, castiçoso ou alvearado), executada em duas camadas por gravidade, não necessita de uma malha por cima da primeira. As armaduras são do tipo de rede de aço de 6mm. O material deverá cobrir toda a área e dobrar as extremidades no contacto com as paredes ultrapassando o nível do pavimento de forma a não existir contacto directo. O acerto da parte sobrança faz-se com o auxílio de uma faca. As membranas dispõem de uma zona de sobreposição que não necessita de colagem. Sobre o IMPERSOM deverá-se executar uma betonilha simples com um mínimo de 0,04m sobre a qual assentará o acabamento final.

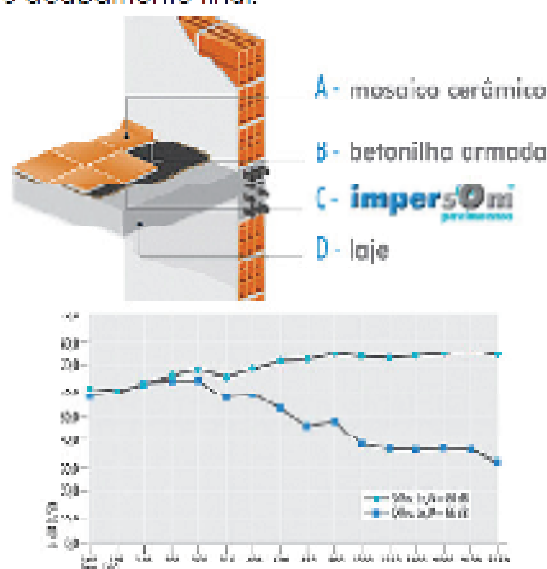


Fig. 1 – Aplicação do impersom – pavimentos em parquet flutuante.

Fig. 2 – Resultados comparativos obtidos com base num ensaio construtivo (norma EN ISO 14003:1997), executado em pavimentos simples.

REDUÇÃO DOS SONS AÉREOS EM TECTOS E PAREDES - O IMPERSOM

TECTOS E PAREDES é a solução de condicionamento acústico adequada. Constituídos por painéis de la de rocha, funcionam no interior dos tectos talos executados a partir de estrutura metálica e placas de gesso cartonado. No caso das paredes (sons aéreos) são aplicados no seu interior, quer a parede seja em alvenaria dupla de tijolo, de gesso cartonado ou mista (gesso/ alvenaria).

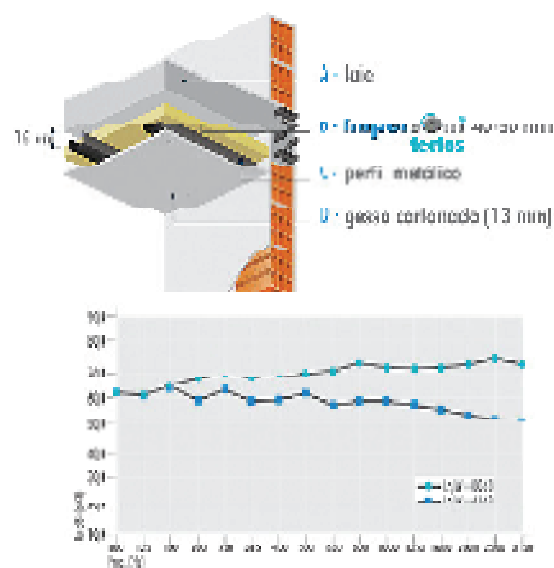


Fig. 3 - Aplicações do Impero Acústico

Fig. 4 - Resultados comparativos obtidos com teste tipo ensaio efectuado pelo LNEC, Boletim Nº 207/00, norma Europeia EN 12758:1998

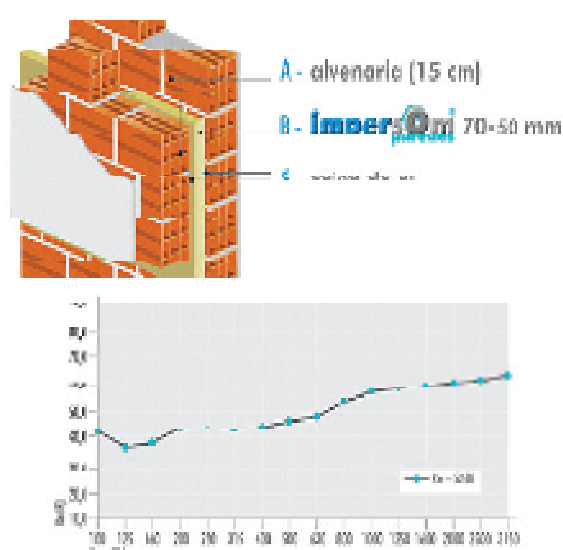


Fig. 5 - Aplicações do Impero Acústico

Fig. 6 - Resultados obtidos com teste tipo ensaio efectuado pelo LNEC, Boletim Nº 197/02 - NAI de acordo com norma EN 12758:1998

BENEFÍCIOS

- Redução do nível de ruído quer em construção nova quer em construção existente.

NORMAS:

1 - A norma portuguesa NP 669 coincide em linhas gerais, com a recomendação ISO - R140 de 1940 "Mesure sur place et en Laboratoire de la transmission de sons aériens et des bruits de choc"

2. A norma portuguesa IP 669 e recomendação ISO R140 apresentam técnicas de ensaio mas não classificam qualitativamente os pavimentos segundo o seu comportamento à transmissão dos ruídos provocados pela abaque com base nos resultados dos ensaios.

3. O "Centre scientifique et technique du bâtiment" de França preconiza o emprego do índice d_p para caracterizar, do ponto de vista acústico a qualidade do revestimento de solos para pavimentos, o que se identifica com o menor dos três valores: $19 + dG - 12 + dM - dA$ em que dG , dM , e dA são valores médios das reduções do nível de percussão corrigida, nas gamas dos sons graves, médias e agudos, respectivamente, provocados pela aplicação do revestimento de solo. Neste caso utiliza-se $d_p \leq 21$ para pavimentos com massa inferior a 300 kg/m², segundo C.S.T.B. se considera aceitável.

RECOMENDAÇÕES DE MANUSEAMENTO E ARMAZENAMENTO: Evitar quedas e pancadas. Transportar e armazenar os rolos na vertical, sempre sobre protensões verticais (est. chaves, grandes, pequenas, novas). Densidade dos rolos sempre controlada por meio da grelha ou empilhador.

Características técnicas:

PRODUTOS	Espessura (mm)	Dimensões físicas (mm)			Massa específica (Kg/m³)	Coeficiente de absorção sonora ponderada
		Base	Chave	Base		
Imperaluma 40	40	40 x 40	1200	800	1.020 (densidade)	$\alpha_{250} = 0,02$ $\alpha_{500} = 0,02$
Imperaluma 60	60	40 x 40	1200	800	1.040 (densidade)	$\alpha_{250} = 0,02$ $\alpha_{500} = 0,02$

PRODUTOS	Formatura	Resistência		Massa (Kg/m²)	Dimensões dos rolos		
		solares	Repetir		Comprimento	largura	espessura
Imperaluma 40	Formato (40x40)	1200x800		1.020	12m	1,00m	40mm

IMPERALUMA - Sociedade Comercial de Revestimentos e Impermeabilizações S.A.
 Morada: Zona Industrial do Pav. Quilomêdo 28/20 - 1400 Montijo

Anexo 2 - Metodologia dos Ensaio Acústicos

1. Descrição Geral

Caracterização índices de isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas, $D_{2m,n,w}$, índices de isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos, $D_{n,w}$, índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{n,w}$ e determinação do nível de avaliação do ruído particular de equipamentos, $L_{Ar,no}$ Empreendimento Ancoradouro, no Porto.

2. Metodologia

O procedimento adoptado baseou-se nas especificações técnicas (aplicáveis) da normalização portuguesa ou, à falta desta, da internacional, nomeadamente a NP EN ISO 140-5:2000 (Acústica: Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 5: Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e de elementos de fachada), a NP EN ISO 140-4:2000 (Acústica: Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos), NP EN ISO 140-7:2008 (Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7: Medição, *in situ*, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão), a ISO 16032:2004 (Acoustics: Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings – Engineering method) a EN ISO 3382-2:2008 (Measurement of room acoustic parameters — Part 2: Reverberation time in ordinary rooms) e todas as demais enumeradas do descritivo destas.

3. Data e Períodos de Medição

As medições foram realizadas nos dias 23, 24, 28 e 29 de Outubro de 2009 e 22, 23 e 24 de Janeiro de 2010.

4. Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas durante os períodos de medição não obstaram à sua realização.

5. Equipamentos Utilizados

Analisador de Ruído (Sonómetro)	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 2250
	Nº série: 2626176
	Despacho de Homologação: 245.70.05.3.16
	Certificado: 245.70/09.813
	Classe de Exactidão 1
	Calibrador
	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 4231
Fonte Sonora Omnidireccional	Nº série: 02686646
	Microfone
	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 4189
	Nº série: 02638621
	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 4292
	Nº série: 26009
	Certificado: CACV641-09
Amplificador	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 2716
	Nº série: 02667592
	Certificado: CACV641-09
Máquina de Passos	Marca: Brüel & Kjaer
	Modelo: 3207
	Nº série: 02647130
	Certificado: EDIM1105-09
Outros Equipamentos	Termo higrómetro e anemómetro
	Máquina Fotográfica
	Tripés para sonómetro e fonte sonora omnidireccional
	Pára-vento para microfone
	Kit de Transmissão sem fios AKG WMS 450
	Cabos de alimentação e transmissão de dados
	Software para aquisição e tratamento de dados

6. Localização dos Pontos de Medição e Situações de Medição

Foram definidos estes locais de ensaio atendendo aos critérios de amostragem definidos pelo LNEC, onde para o caso em estudo:

“Devem ser verificadas, para os parâmetros regulamentares aplicáveis ($D_{2m,n,w}$, $D_{n,w}$ e $L'_{n,w}$), as soluções construtivas que:

- a) Tenham diferente constituição;
- b) Tenham diferente composição;

(...) No que respeita ao ruído de equipamentos deve ser avaliado o nível de ruído ($L_{Ar,n}$) de todos os equipamentos colectivos instalados, nos espaços habitacionais em situação de exposição mais desfavorável.”

Assim sendo escolheram-se compartimentos de modo a garantir o máximo de situações singulares como: diferentes combinações de ensaios entre Quartos, Salas, Circulações e Garagem e diferentes soluções construtivas e orientação dos elementos de separação (juntas de dilatação, diferentes lajes, diferentes paredes).

Locais onde foram realizadas as medições:

- Garagem, Piso 1, sob Quarto e Sala da Fracção A0.2
- Quarto, Bloco A, Piso 0, Fracção A0.2
- Sala, Bloco A, Piso 0, Fracção A0.2
- Sala, Bloco A, Piso 0, Fracção A0.3
- Patamar, Bloco A, Piso 0
- Quarto, Bloco A, Piso 1, Fracção A1.2
- Sala, Bloco A, Piso 1, Fracção A1.2
- Quarto, Bloco A, Piso 3, Fracção A3.1
- Sala, Bloco A, Piso 8, Fracção A8.1
- Quarto, Bloco B, Piso 4, Fracção B4.3
- Sala, Bloco B, Piso 4, Fracção B4.3
- Quarto, Bloco C, Piso 4, Fracção C4.1
- Sala, Bloco C, Piso 4, Fracção C4.1
- Quarto, Bloco D, Piso 1, Fracção D1.3
- Quarto, Bloco D, Piso 4, Fracção D4.1
- Quarto, Bloco D, Piso 4, Fracção D4.2
- Sala, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.2
- Quarto, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.1
- Quarto, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.2
- Quarto, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.2

- Sala, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.1
- Patamar, Bloco D Piso 8

Identificação das situações de medição:

- 1 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Sala Fracção A1.2 e Sala Fracção A0.2 (Vertical);
 - 2 – Ensaio de $L'_{n,w}$ entre Sala Fracção A1.2 e Sala Fracção A0.2 (Vertical);
 - 3 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Quarto Fracção A1.2 e Quarto Fracção A0.2 (Vertical);
 - 4 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Sala Fracção A0.3 e Quarto Fracção A0.2 (Horizontal);
 - 5 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Patamar Bloco A Piso 0 e Sala Fracção A0.2 (Horizontal);
 - 6 – Ensaio de $L'_{n,w}$ entre Patamar Bloco A Piso 0 e Sala Fracção A0.2 (Horizontal);
 - 7 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Garagem Piso -1 e Sala Fracção A0.2 (Vertical);
 - 8 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Garagem Piso -1 e Quarto Fracção A0.2 (Vertical);
 - 9 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Sala Fracção B4.3 e Sala Fracção C4.1 (Horizontal);
 - 10 – Ensaio de $L'_{n,w}$ entre Sala Fracção B4.3 e Sala Fracção C4.1 (Horizontal);
 - 11 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Patamar Bloco D Piso 8 e Quarto Fracção D8.1 (Horizontal);
 - 12 – Ensaio de $L'_{n,w}$ entre Patamar Bloco D Piso 8 e Quarto Fracção D8.1 (Horizontal);
 - 13 – Ensaio de $D_{n,w}$ entre Quarto Fracção D8.2 e Quarto Fracção D8.1 (Horizontal);
 - 14 – Ensaio de $L'_{n,w}$ entre Quarto Fracção D8.2 e Quarto Fracção D8.1 (Horizontal);
 - 15 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Sala Fracção D8.2;
 - 16 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Sala Fracção A8.1;
 - 17 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Quarto Fracção D4.1;
 - 18 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Quarto Fracção D4.2;
 - 19 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Quarto Fracção A3.1;
 - 20 – Ensaio de $D_{2m,n,w}$ entre exterior e Quarto Fracção D1.3;
 - 21 – Ensaio de L_{Ar} no Quarto, Bloco B, Piso 4, Fracção B4.3;
 - 22 – Ensaio de L_{Ar} no Quarto, Bloco C, Piso 4, Fracção C4.1;
 - 23 – Ensaio de L_{Ar} no Quarto, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.2;
 - 24 – Ensaio de L_{Ar} na Sala, Bloco D, Piso 8, Fracção D8.1.
-

7. Resultados das Medições

Para determinação destes parâmetros procedeu-se à medição in situ, das variáveis abaixo apresentadas:

Parâmetro	Variáveis medidas
$D_{2m,n,w}$	<ul style="list-style-type: none"> - Ruído de fundo no compartimento receptor, B2; - Nível de pressão sonora no exterior gerado pela fonte sonora, L1; - Níveis de pressão sonora no compartimento receptor excitado pela fonte sonora no exterior, L2; - Tempo de reverberação no compartimento receptor, T2.
$D_{n,w}$	<ul style="list-style-type: none"> - Ruído de fundo no compartimento receptor, B2; - Níveis de pressão sonora no compartimento emissor excitado pela fonte sonora (ruído branco), L1; - Níveis de pressão sonora no compartimento receptor excitado pela fonte sonora (ruído branco) colocada no compartimento emissor, L2; - Tempo de reverberação no compartimento receptor, T2.
$L'_{n,w}$	<ul style="list-style-type: none"> - Ruído de fundo no compartimento receptor, B2 - Níveis de pressão sonora no compartimento receptor excitado pela máquina de percussão colocada no compartimento emissor, L2; - Tempo de reverberação no compartimento receptor, T2
L_{Ar}	<ul style="list-style-type: none"> - Nível de pressão sonora continuo equivalente no compartimento receptor excitado pelo funcionamento de um ou mais equipamentos; - Tempo de reverberação no compartimento receptor, T2.

Notas:

A avaliação dos resultados dos ensaios de isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão baseou-se nas medições obtidas em terços de oitava, para bandas de frequência desde os 100 Hz até aos 3150 Hz.

A avaliação dos resultados dos ensaios de L_{Ar} baseou-se nas medições obtidas em terços de oitava, para bandas de frequência desde os 50 Hz até aos 8000 Hz.

Anexo 3 - Plano Pormenor da Cidade do Porto



Anexo 4 - Alvará de Construção do Edifício em Estudo

ALVARÁ DE OBRAS N.º

PROCESSO N.º

Nos termos do artigo 74.º do Decreto-Lei n.º 555/86, de 16 de Dezembro, com redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 177/2001, de 4 de Junho, Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE), é emitido o presente alvará de licença de obras de construção, em nome de _____, Pessoa Colectiva n.º _____, que titula a aprovação das obras de urbanização que incidem sobre o prédio sito na _____ da freguesia de _____, descrito na 1.ª Conservatória do Registo Predial _____ sob os n.ºs _____ e _____ e inscrito na matriz predial urbana sob os artigos n.ºs _____ e _____ da respectiva freguesia.

As obras, aprovadas por despacho do Senhor Vereador do Pelouro de Urbanismo e Mobilidade, Dr. Lino Ferreira de _____, respeitam o disposto no Pedido de Informação Prévia n.º _____, e apresentam as seguintes características:

Tipo de obras a executar: Construção

Características da obra:

Área total de construção: 26744 m²

Área Bruta de construção: 17327;

Volume de construção 64478 m³;

Área de implantação: 3176 m²;

N.º de pisos abaixo da cota de soleira: 2; N.º de pisos acima da cota de soleira: 9;

Número total de janelas: 98

Destinos do edifício:

Os pisos Sub-Cave e Cave destinam-se a **Aparcamento / Armazéns / Áreas Técnicas**, com áreas de 3038 m² e 3145 m²;

Os pisos Reseio-chão, 1.º e 2.º andares destinam-se a **Habitação / Comércio**, com áreas de 2028 m², 2252 m² e 2252 m², sendo constituídos por 34 fogos;

Os pisos 3.º, 4.º, 5.º, 6.º, 7.º e Andar Recuado destinam-se a **Habitação**, com áreas de 1978m², 1819 m², 1819 m², 1819 m², 1819 m² e 1541 m², sendo constituídos por 64 fogos;

Os condicionamentos da construção, cujo cumprimento determinará a posterior decisão de autorização da utilização do edifício, são os mencionados na folha anexa a este alvará, bem como os indicados nos pareceres e nas informações das entidades e serviços a seguir apresentados, cujas cópias se juntam:

Serviços da CMP

- DGUF/ GGP – Gabinete de Gestão de Projectos - emitiu informação _____ em _____
- DMVP/DA/DMOVP – Divisão de Obras na Via Pública -emitiu informação _____ em _____
- DMSU – Direcção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos - emitiu ofício _____ em _____

Prazo para a conclusão das obras: 1080 dias.

Por despacho do Senhor Director do Departamento de Gestão Urbanística e Fiscalização de _____, emite-se o presente alvará, para que sirva de título ao requerente e para todos os efeitos prescritos no RJUE.

Registado e arquivado na Câmara Municipal do Porto, no processo acima identificado.

Porto e CMP, _____

O Director do Departamento de Gestão Urbanística e Fiscalização
(Com competência subdelegada pela Ordem de Serviço n.º _____) averbada no Boletim n.º _____ de _____

Elaborado por _____

FOLHA ANEXA AO ALVARÁ DE OBRAS N.º

PROCESSO N.º

Condicionamentos da construção

Deverão ser considerados os condicionamentos da construção referidos no alvará, cujo cumprimento determina a futura decisão de autorização de utilização, com especial atenção para as diligências regulamentares devidas junto das diversas entidades exteriores e serviços municipais.

Entrega do projecto de execução de arquitectura

Em conformidade com o número 4 do artigo 80.º do RJUE, deve o titular do pedido de licenciamento ou autorização, num prazo de 60 dias, a contar do início dos trabalhos relativos às operações urbanísticas referidos nas alíneas c) e d) do n.º 2 e c) e d) do número 3 do artigo 4.º do mesmo diploma, apresentar na Câmara Municipal do Porto cópia do projecto de execução de arquitectura e das diversas especialidades.

Estão dispensados desta exigência os casos abrangidos pelo previsto no artigo 69.º do Regulamento Municipal de Edificações Urbanas, ou seja, moradia de promoção particular para uso próprio do promotor e pequenas construções de apoio à construção principal em lotes de moradias ou edifícios colectivos desde que não sejam susceptíveis de afetar os direitos do vizinhos e ou condóminos.

Verificação da implantação, alinhamento e fornecimento de nível de soleiras

Deverá ser participado à CMP a data em que vai ser dado início aos trabalhos. No caso de obras novas e obras de ampliação, deverá ser solicitado, através do Gabinete do Município, a verificação da implantação, alinhamento e fornecimento de nível de soleiras, logo após a materialização do arranque da estrutura e a definição do piso do R/C.

Caducidade do alvará

De acordo com o artigo 71.º do RJUE, a licença ou autorização caducará se as obras não forem iniciadas no prazo de 9 meses, a contar da data da emissão do presente alvará, e se estiverem suspensas por período superior a 6 meses, salvo se tal facto não for imputável ao titular da licença ou autorização.

Publicitação

O titular do alvará deverá no prazo de 10 dias, de acordo com o artigo 78.º do RJUE, publicitar a respectiva concessão, sobre a forma de aviso no prédio abrangido pelo mesmo alvará.

No local da obra deverá ser colocada, em ponto bem visível do público e facilmente legível, placa com a indicação dos industriais responsáveis pela sua realização, mencionando os números dos respectivos certificados ou títulos, conforme n.º 4 do artigo 24.º de Decreto-Lei n.º 12/2004, de 9 de Janeiro.

Livro de obra

De acordo com o artigo 87.º do RJUE, na obra deverá ser conservado um livro de obra, para ser consultado e assinado pelas entidades fiscalizadoras, bem como para os registos do respectivo director técnico, devendo no final da obra e em simultâneo com o pedido de emissão do alvará de autorização de utilização o mesmo ser entregue na Câmara Municipal do Porto.

Ligação às redes públicas de águas e saneamento

A ligação à rede de abastecimento de água e saneamento deverá ser requerida na Empresa Municipal - Águas do Porto.

Ligação às redes públicas de águas pluviais

A ligação à rede de escoamento de águas pluviais deverá ser requerida no Gabinete do Município.

Alvará de Autorização de Utilização

Concluída a obra deve ser requerida a autorização de utilização nos termos do disposto no artigo 63.º do RJUE.

De acordo com o artigo 64.º do mesmo diploma, poderá ser determinada realização de vistoria, se a obra não tiver sido inspecionada ou vistoriada no decurso da sua execução ou se dos elementos constantes no processo ou livro de obra resultarem indícios de que a mesma foi executada em desconformidade com o projecto aprovado.

No caso de obras novas ou obras de ampliação será efectuada vistoria ao local para verificação da sua conformidade com a planta topográfica aprovada.

O edifício apenas poderá ser ocupado após obtenção, junto da CMP, da autorização de utilização e respectivo alvará. A ocupação de edifícios ou suas fracções sem autorização de utilização ou em desacordo com o uso fixado no respectivo alvará constitui ilícito contra-ordenacional, conforme alínea d) do n.º 1 do artigo 98.º do RJUE.

Processo	CMP
Porto, _____	
Resposta ao documento: _____	
Requerente: _____	
Local da obra: _____	

Informação final

1. Aprovação do projecto de arquitectura

O projecto de arquitectura relativo à presente operação urbanística foi aprovado por despacho do Senhor Vereador com o Pelouro de Urbanismo, Mobilidade e Desenvolvimento Social, em _____.

2. Aprovação dos projectos de especialidades

Foam apresentados todos os projectos de especialidades necessários ao licenciamento das obras em causa, a saber:

Projecto de estabilidade, de alimentação e distribuição de energia eléctrica, de instalação da rede de distribuição de gás, da rede interior de águas e esgotos, de rede de drenagem de águas pluviais, de arranjos exteriores, de telecomunicações, de comportamento térmico, de instalações electromecânicas e de comportamento acústico.

3. Caracterização da operação urbanística

As obras a executar respeitam o disposto no Pedido de Informação Prévia n.º _____, e apresentam as seguintes características:

3.1. Tipo de obras a executar: Construção

3.2. Características da obra:

Área total a construir: 23 510,00 m²; Área de implantação: 3 582,00 m²; Área de impermeabilização: 5 264,00 m².

N.º de pisos abaixo da cota de soleira: 2; N.º de pisos acima da cota de soleira: 9.

Número total de fogos: 98

Número total de estabelecimentos comerciais: 1

Número total de escritórios: 4

4. Consulta às entidades externas e serviços da CMP

As condições impostas, a observar na execução da obra, cujo cumprimento determinará a posterior decisão de autorização da utilização, além do cumprimento de todas as disposições legais e regulamentares aplicáveis e

donde o parâmetro $AC = 9103,58m^2$

7. Pedido de emissão de alvará

O requerente deverá efectuar o pedido de emissão do alvará, apresentando os elementos constantes na Ficha de Verificação respectiva.

8. Conclusão

Analisadas as características da operação urbanística e tendo sido consultadas as entidades e serviços da CMP competentes, pode concluir-se que o presente pedido reúne condições para, nos termos do artigo 23º do Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro, com redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 177/01, de 4 de Junho, ser deferida, sendo as características e condicionantes da execução da mesma as acima apresentadas.

O Gestor do Processo

Requerente: . . .

Processo nº **CMP**

Concordo com a informação: . . . Face à mesma, proponho o despacho final de deferimento do presente pedido de licenciamento, nas condições aí expressas e de harmonia com o artigo 23º do RJUE.

Nos termos propostos na informação: . . . e de acordo com o previsto na alínea b) do nº 1 do artigo 23º do Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação, o pedido de licenciamento de Obras de Urbanização reúne condições para ser submetido a deferimento final, nas condições da referida informação.

O Chefe da Divisão Municipal de Gestão Urbanística II

Concordo.

Proponho o despacho final de deferimento dos pedidos de licenciamento da obra de edificação e de obras de urbanização, nas condições das informações que antecedem.

Pelo Director Municipal de Urbanismo
(Competência delegada através da O.S. nº 65/05)

O Director de Departamento de Licenciamento, Salubridade e Fiscalização

Deiro os pedidos de licenciamento da obra de edificação, bem como das obras de urbanização, nos termos das informações que antecedem.

O Vereador do Pelouro do Urbanismo e Mobilidade
(Competência delegada através da O.S. nº 47/05)



Porto,
N.º Ref.:
Proc.º nº:
Req.º nº:
Local:
Informação nº

O Requerimento nº _____ no que se refere à rede de drenagem predial pluvial Satisfaz face ao Termo de Responsabilidade do Projectista e desde que a DRAN tenha autorizado a ligação do colector público ao Rio _____.

Terão de ser cumpridas as condições abaixo assinaladas:

- Solicitar vistoria ao estado dos passeios e faixa de rodagem, antes do início da obra
- Solicitar autorização para a ligação dos ramais pluviais e reconstrução do passeio.
- A rede de drenagem predial de águas residuais pluviais poderá ser ligada à valeta, desde que o ramal de ligação seja envolvido em betão, a altura do espelho do passeio seja compatível com o diâmetro do ramal e as cotas o permitam.
- No caso de a ligação ser feita ao colector, deverá ser construída câmara de visita no ponto de inserção deste com o ramal predial de águas residuais pluviais (de acordo com as normas definidas por esta Divisão).
- O esquema de drenagem apresentado terá de ser compatível com as infraestruturas existentes no local e com a regulamentação em vigor.
- O requerimento de pedido de emissão do Alvará de Licença de Utilização só deverá ser deferido depois da Divisão de Obras na via pública ter verificado que foram devidamente reparados os eventuais estragos causados na via pública.

Obs.: Dado que o tipo de ligação das águas residuais pluviais depende sempre, em última instância, das condições das infraestruturas existentes no local, deverá seguir as instruções fornecidas pela Fiscalização desta Divisão para eventuais alterações necessárias.



CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO
Direcção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos

Direcção Municipal do Urbanismo
Rua Guilherme da Costa Carvalho, 38
4000-274 Porto

Porto,
S/Ref.:
N/Ref.:

Assunto: Parecer relativo ao processo de operação urbanística sito na

Processo (NUD):

No seguimento do pedido de parecer relativo à operação urbanística referida em epígrafe informa-se que:

*** LINHAS DE ÁGUA**

Relativamente ao domínio hídrico, a implantação do terreno do requerente encontra-se parcialmente em área de risco de cheia do rio e do rio , devendo ser objecto de parecer vinculativo da CCDR-N e INAG. No , na Carta de Condicionantes do PDM, foi aplicado o limite de protecção de cheias de 100m para cada lado do rio, uma vez que não havia estudos relativos à amplitude da área inundável, por isso o requerente deve apresentar à entidade da tutela, estudo hidráulico que avalie o risco ou não risco de ocupação da área pretendida.

*** RUIDO**

1. O Projecto Acústico a ser entregue juntamente com os restantes projectos de especialidades, no acto de licenciamento de obras de construção civil, deverá ser entregue na forma de termo de responsabilidade do técnico, dispensando, ao abrigo do disposto no ponto 3 e 4 do art.º 3º do Decreto-Lei nº 129/02 de 11 de Maio, a apreciação prévia dos projectos por parte dos serviços municipais.

2. A Prévia Certificação do Cumprimento do Regime Jurídico sobre Poluição Sonora deverá ser exigida no acto de licenciamento ou autorização de início de utilização, de abertura ou de funcionamento das actividades previstas no nº 2 do art.º 1º do Decreto-Lei nº 292/00 de 14 de



CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO
Direcção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos

Declaro que a prévia certificação deverá ser composta por relatório baseado em ensaios de índice laboratorial que atestem o cumprimento dos requisitos acústicos definidos nos art.º 5.º a 7.º da D.L. 12/02 de 11 de Maio - designadamente os índices de isolamento sonoro a sons de construção, a índice de isolamento a sons de perturbação, índice de redução sonora de fachadas, índice de reverberação e que, segundo a normatização aplicável NP 1730, ateste o cumprimento do DL 292/00 de 14 de Novembro, ou seja que ateste a possível incomodidade sonora associada ao funcionamento da actividade.

Relativamente ao projecto acústico, e sendo um edifício destinado a habitação colectiva, comércio, serviços e estacionamento a não acautelar no acto de licenciamento do início de utilização, de execução ou de funcionamento das actividades previstas no n.º 2 do art.º 1.º do Decreto-Lei n.º 292/00 de 14 de Novembro, a prévia certificação de cumprimento de regime previsto sobre ruído e sonora para apreciação por parte destes serviços.

▪ **ESPAÇOS VERDES**

O projecto de Arquitectura Paisagista apresentado cumpre os requisitos para uma correcta intervenção no espaço público.

▪ **RESÍDUOS SÓLIDOS**

Não há inconveniente no prosseguimento deste processo.

Com os melhores cumprimentos,

A Directora Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos

()

Anexo 5 - Resultados dos Ensaio Acústicos

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio:	22-02-2010		
Compartimento emissor:	Sala Fracção A1.2	Volume Vs:	62,0 m ³
Compartimento receptor:	Sala Fracção A0.2	Volume Vr:	65,0 m ³
Área do Elemento a ensaiar S:	27,0 m ²	T₀:	0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Sala-Sala Vertical).

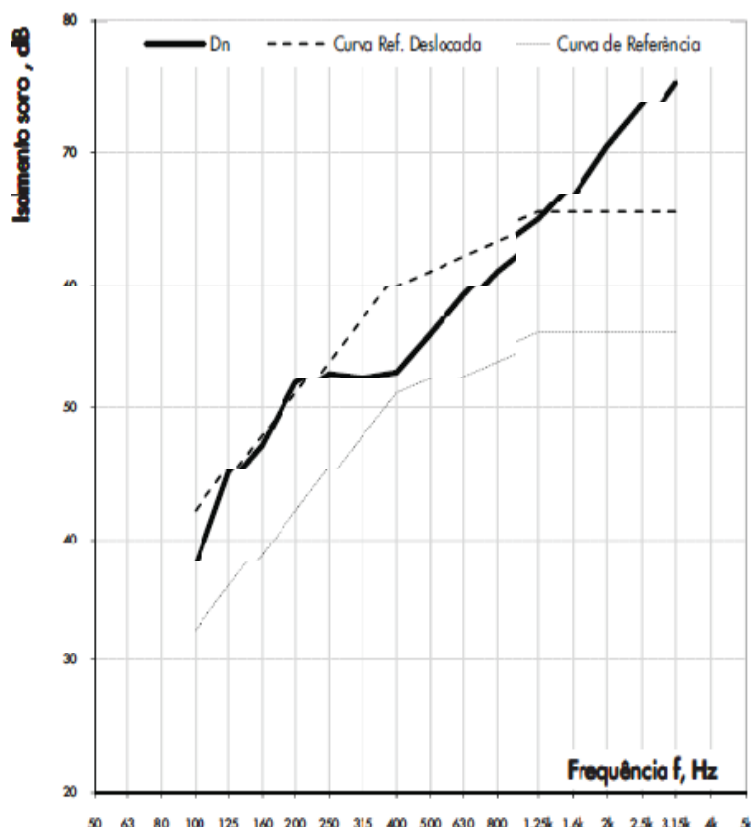
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	38,2
125	44,6
160	47,3
200	51,7
250	53,2
315	52,9
400	53,3
500	55,9
630	58,6
800	61,0
1000	62,8
1250	64,5
1600	67,0
2000	70,4
2500	73,2
3150	76,2
4000	
5000	



$$D_{n,w} = 61 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons de percussão – $L'_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-7

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Sala Fracção A1.2

Volume Vs: 62,0 m³

Compartimento receptor: Sala Fracção A0.2

Volume Vr: 65,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 27,0 m²

T₀: 0,5 s

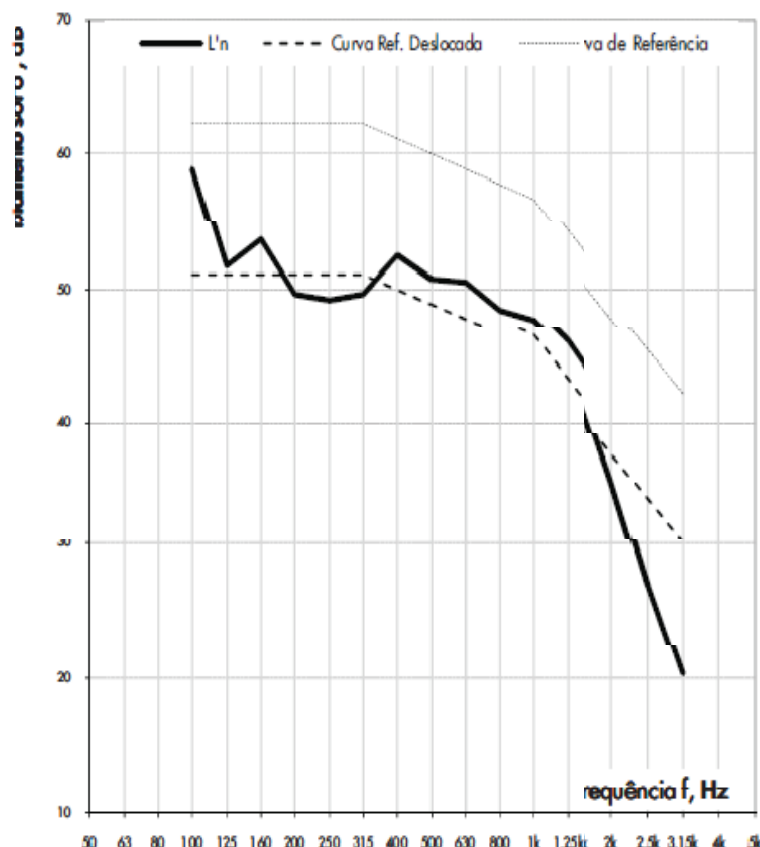
Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons de percussão da laje de separação entre os dois compartimentos (Sala-Sala Vertical). Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	59,0
125	51,6
160	53,4
200	49,7
250	49,3
315	49,7
400	52,3
500	50,7
630	50,5
800	48,6
1000	47,9
1250	45,6
1600	42,2
2000	35,1
2500	27,2
3150	20,3
4000	
5000	



$$L'_{n,w} = 49 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-2)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Quarto Fracção A1.2

Volume V_s : 37,0 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção A0.2

Volume V_r : 37,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 16,1 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Quarto-Quarto Vertical).

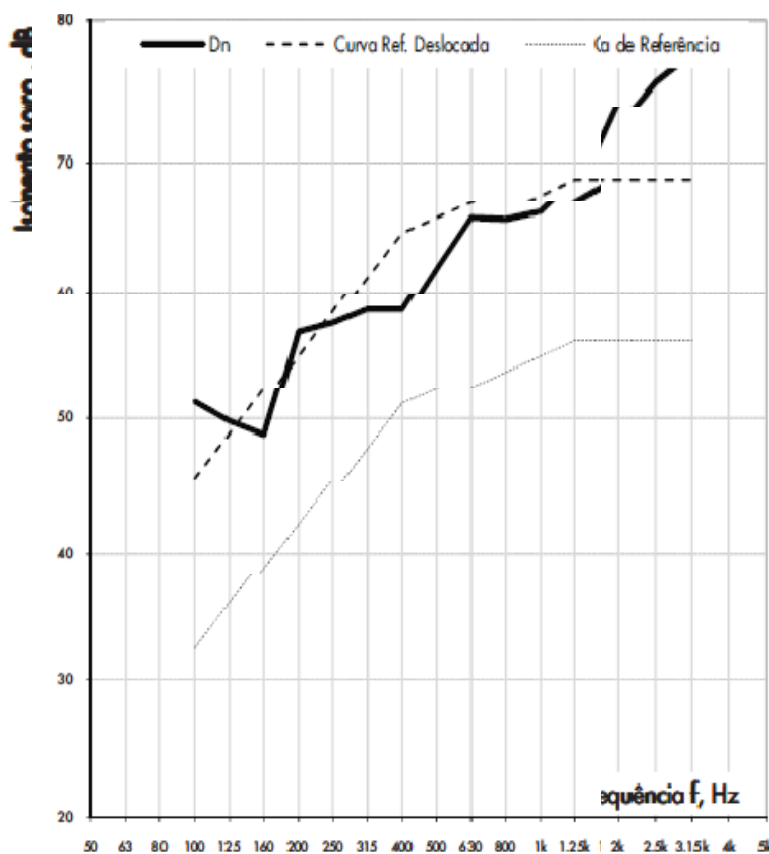
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento receptor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	51,1
125	49,8
160	48,9
200	56,6
250	57,2
315	58,1
400	58,1
500	61,6
630	65,0
800	64,9
1000	65,4
1250	67,6
1600	68,8
2000	73,7
2500	76,3
3150	78,0
4000	
5000	



$D_{n,w} = 65$ dB

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Sala Fracção A0.3

Volume V_s : 81,9 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção A0.2

Volume V_r : 16,1 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 9,5 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Sala-Quarto Horizontal).

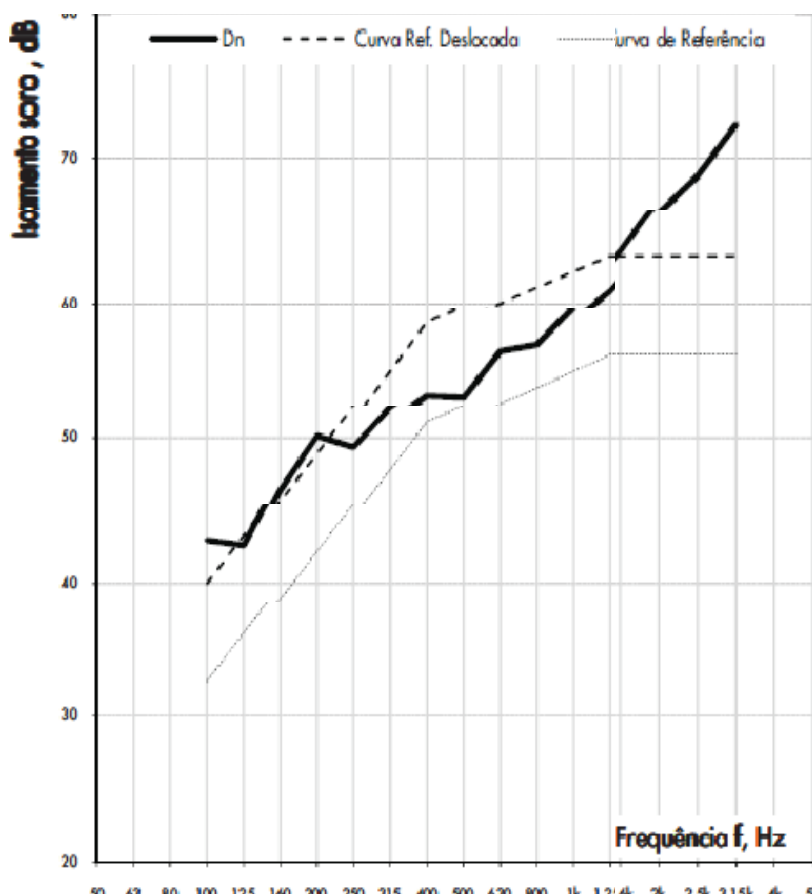
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento receptor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	42,7
125	42,4
160	46,7
200	50,1
250	49,4
315	51,9
400	53,5
500	53,4
630	56,2
800	56,6
1000	58,9
1250	60,8
1600	63,3
2000	66,6
2500	68,9
3150	72,1
4000	
5000	



$D_{n,w} = 59 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Patamar Bloco A Piso 0

Volume V_s : 100,0 m³

Compartimento receptor: Sala Fracção A0.2

Volume V_r : 65,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 8,7 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da parede de separação entre os dois compartimentos (Circulação comum-Sala Horizontal).

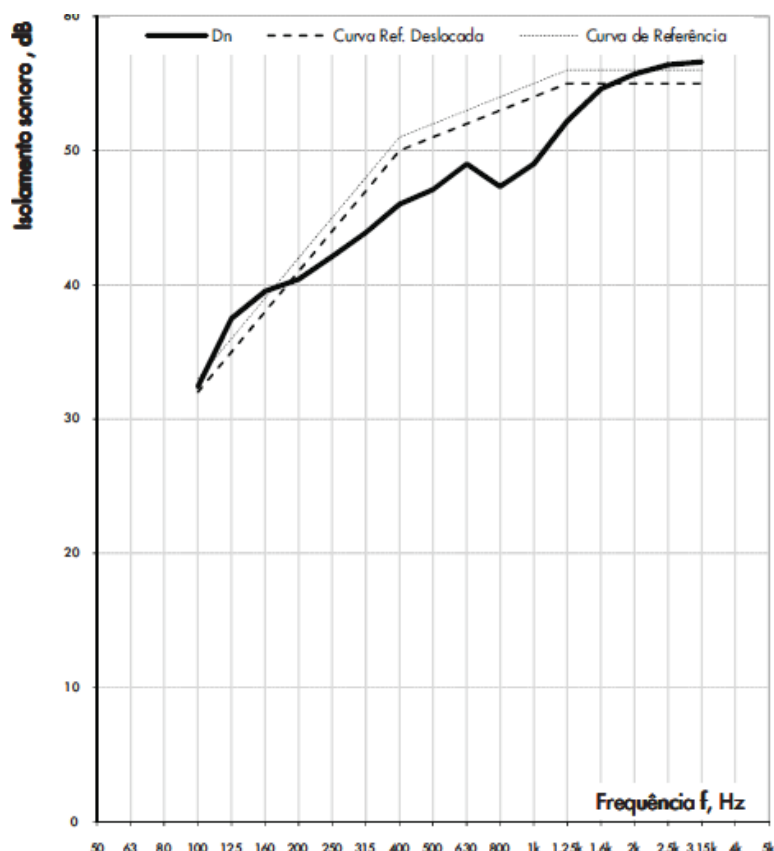
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	32,4
125	37,5
160	39,5
200	40,4
250	42,1
315	43,9
400	46,0
500	47,1
630	49,0
800	47,3
1000	49,0
1250	52,2
1600	54,6
2000	55,7
2500	56,4
3150	56,6
4000	
5000	



$D_{n,w} = 51 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons de percussão – $L'_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-7

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Patamar Bloco A Piso 0

Volume Vs: 100,0 m³

Compartimento receptor: Sala Fracção A0.2

Volume Vr: 65,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 8,7 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Circulação comum-Sala Horizontal).

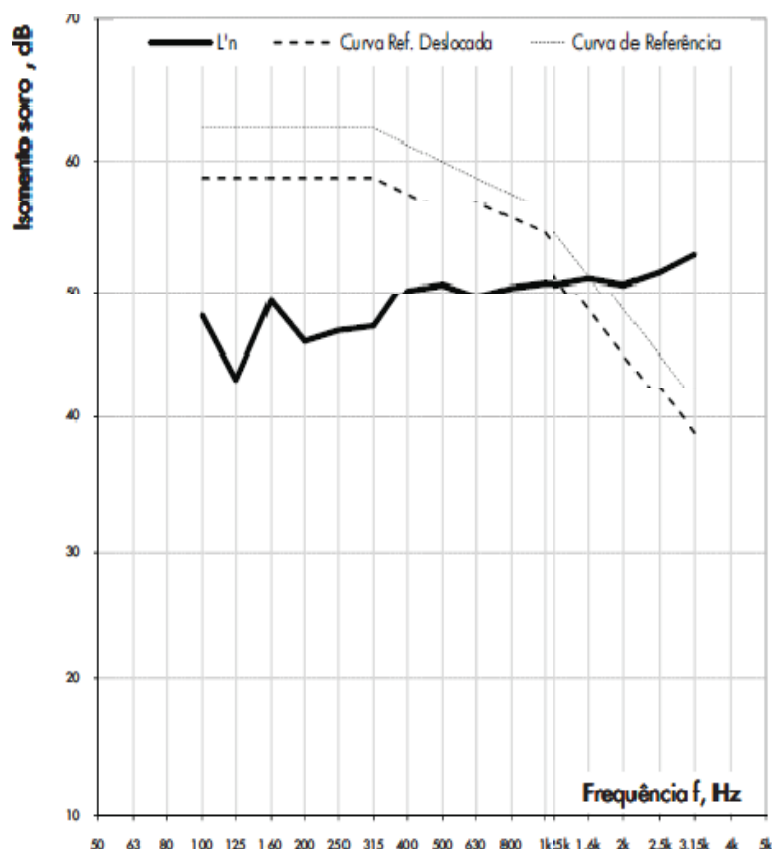
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	47,6
125	43,4
160	48,6
200	45,9
250	46,6
315	46,9
400	50,1
500	50,5
630	49,7
800	50,3
1000	50,6
1250	50,5
1600	50,9
2000	50,5
2500	51,3
3150	52,5
4000	
5000	



$$L'_{n,w} = 57 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-2)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio:	22-02-2010		
Compartimento emissor:	Garagem piso -1	Volume Vs:	310,0 m ³
Compartimento receptor:	Sala Fracção A0.2	Volume Vr:	65,0 m ³
Área do Elemento a ensaiar S:	28,1 m ²	T ₀ :	0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Garagem-Sala Vertical).

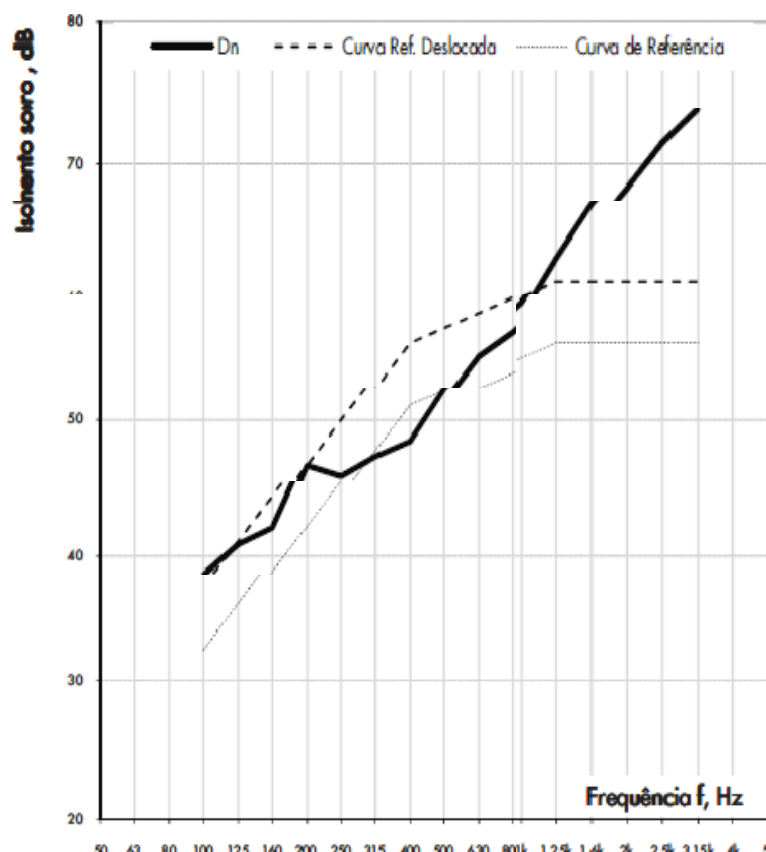
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	38,8
125	40,8
160	41,9
200	47,0
250	46,3
315	47,6
400	48,6
500	52,1
630	55,1
800	56,7
1000	58,7
1250	62,5
1600	66,0
2000	68,6
2500	71,3
3150	73,4
4000	
5000	



$D_{n,w} = 57 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 22-02-2010

Compartimento emissor: Garagem Piso -1

Volume V_s : 310,0 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção A0.2

Volume V_r : 37,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 16,1 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Garagem-Quarto Vertical).

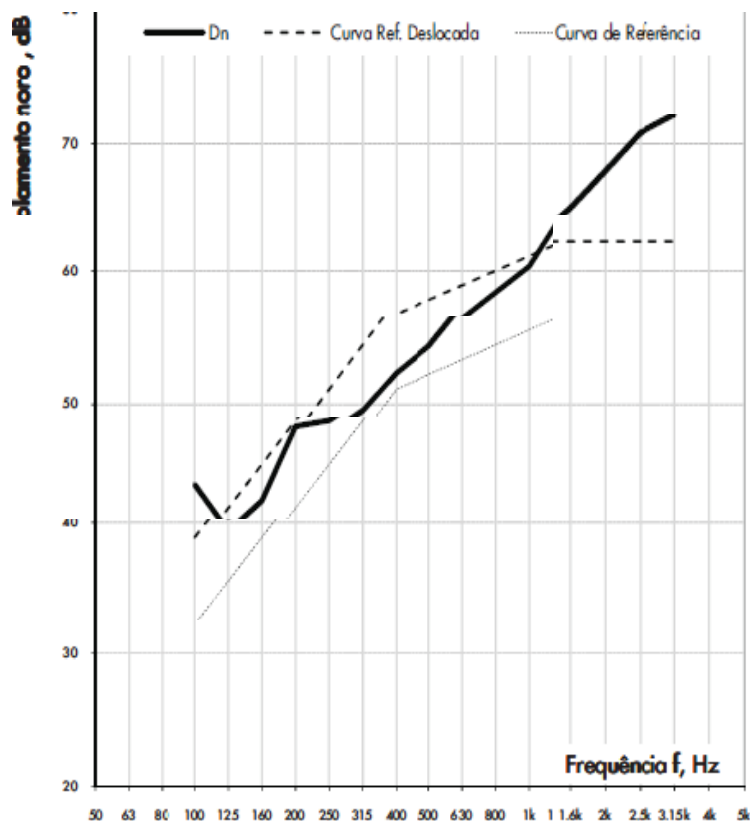
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	43,6
125	40,4
160	42,5
200	47,6
250	48,0
315	49,6
400	52,1
500	53,9
630	56,7
800	58,5
1000	60,3
1250	63,9
1600	65,9
2000	68,3
2500	70,7
3150	71,9
4000	
5000	



$$D_{n,w} = 58 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio:	23-02-2010		
Compartimento emissor:	Sala Fracção B4.3	Volume Vs:	98,0 m ³
Compartimento receptor:	Sala Fracção C4.1	Volume Vr:	98,4 m ³
Área do Elemento a ensaiar S:	21,0 m ²	T ₀ :	0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Sala-Sala Horizontal).

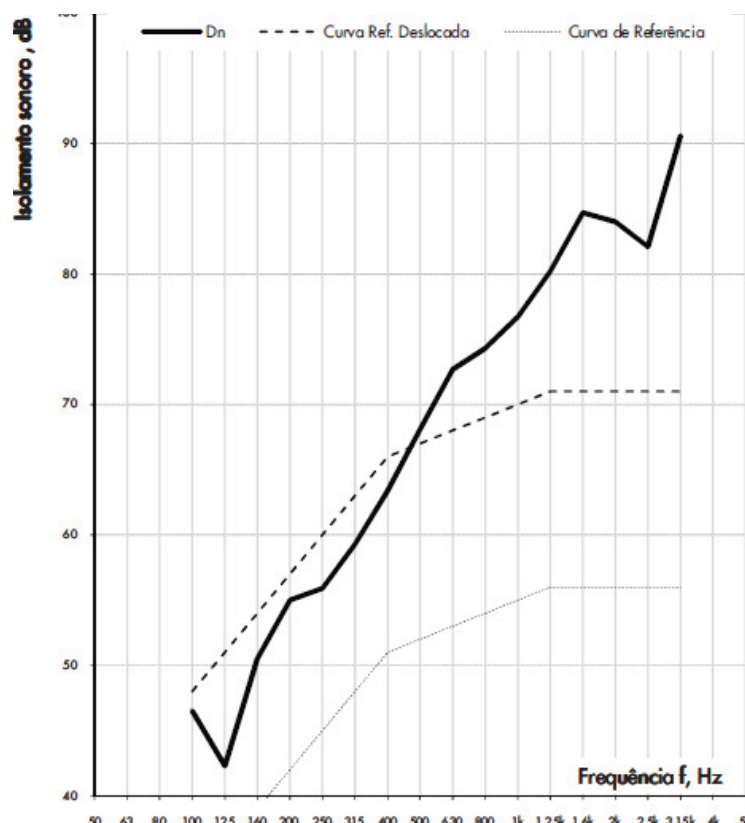
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	46,5
125	42,3
160	50,5
200	55,0
250	55,9
315	59,3
400	63,4
500	68,1
630	72,7
800	74,3
1000	76,7
1250	80,2
1600	84,7
2000	84,0
2500	82,1
3150	90,6
4000	
5000	



$D_{n,w} = 67 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons de percussão – $L'_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-7

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão

Data de realização do ensaio:	23-02-2010		
Compartimento emissor:	Sala Fracção B4.3	Volume Vs:	98,4 m ³
Compartimento receptor:	Sala Fracção C4.1	Volume Vr:	98,0 m ³
Área do Elemento a ensaiar S:	21,0 m ²	T₀:	0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Sala-Sala Horizontal).

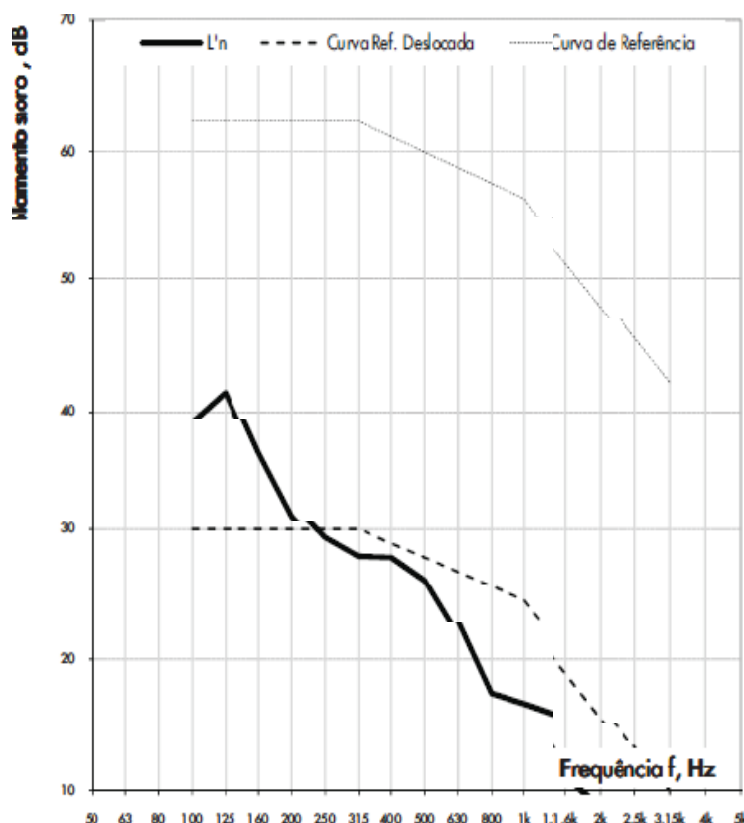
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	39,3
125	41,3
160	36,2
200	31,8
250	29,4
315	28,1
400	28,0
500	26,4
630	22,6
800	17,7
1000	17,0
1250	16,2
1600	11,0
2000	8,8
2500	8,2
3150	6,6
4000	
5000	



$$L'_{n,w} = 28 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-2)

Isolamento sonoro a sons de percussão – $L'_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-7

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão

Data de realização do ensaio: 24-02-2010

Compartimento emissor: Patamar Bloco D Piso 8

Volume Vs: 44,0 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção D8.1

Volume Vr: 37,7,0 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 5,5 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Circulação comum-Quarto Horizontal).

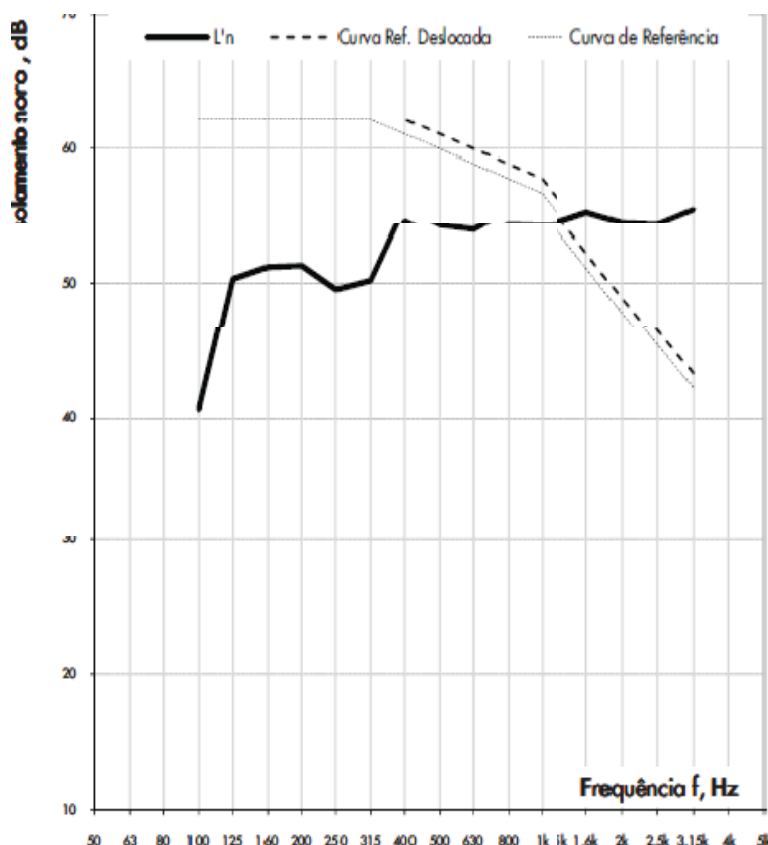
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento receptor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	40,6
125	50,3
160	51,1
200	51,2
250	49,6
315	50,2
400	55,1
500	53,9
630	53,6
800	54,9
1000	54,8
1250	54,9
1600	55,7
2000	55,0
2500	54,9
3150	55,9
4000	
5000	



$L'_{n,w} = 61$ dB

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-2)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 24-02-2010

Compartimento emissor: Paramar Bloco D Piso 8

Volume Vs: 44,0 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção D8.1

Volume Vr: 37,7 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 5,5 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

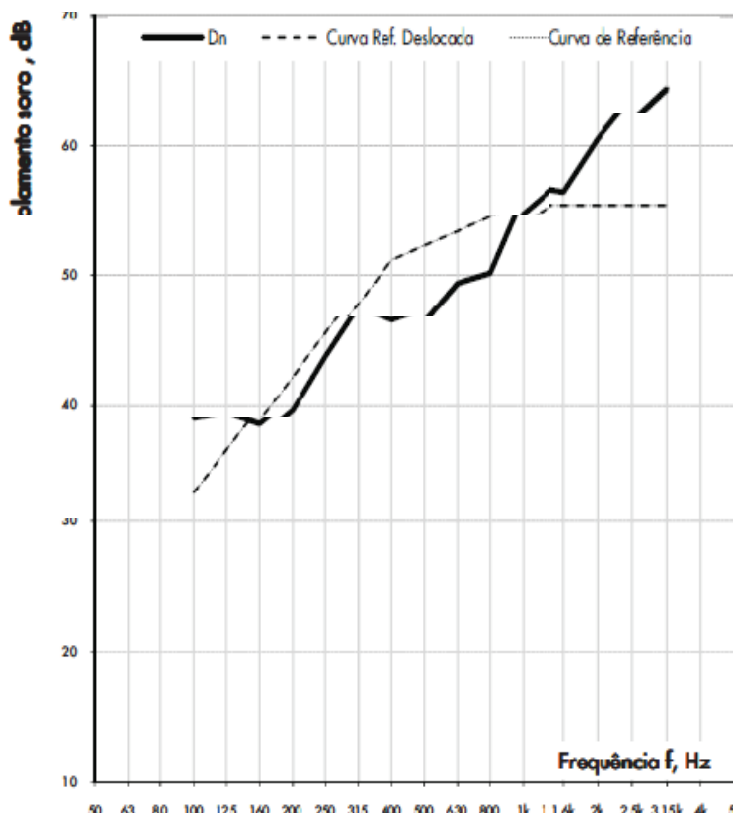
Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Circulação comum-Quarto Horizontal). Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	38,2
125	38,6
160	37,8
200	39,7
250	43,4
315	46,8
400	45,9
500	46,7
630	49,4
800	50,1
1000	55,4
1250	57,3
1600	56,9
2000	60,5
2500	63,4
3150	65,4
4000	
5000	



$D_{n,w} = 52 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos - $D_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-4

Medições *in situ* do isolamento sonoro entre compartimentos

Data de realização do ensaio: 24-02-2010

Compartimento emissor: Quarto Fracção D8.2

Volume V_s : 35,9 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção D8.1

Volume V_r : 37,7 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 8,5 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Quarto-Quarto Horizontal).

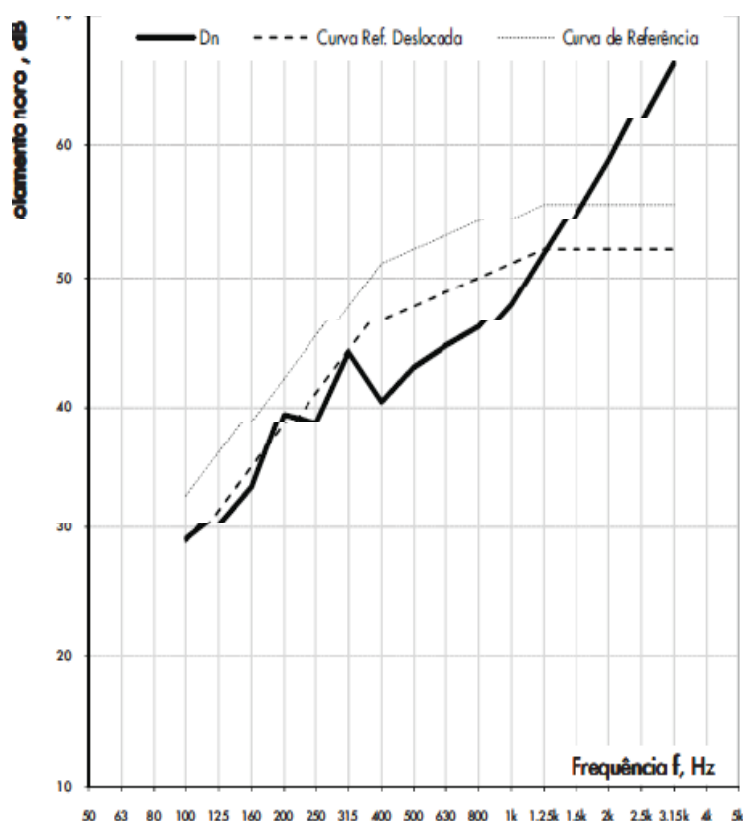
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	29,2
125	31,0
160	33,6
200	39,5
250	38,9
315	43,8
400	40,4
500	42,8
630	44,3
800	45,6
1000	48,1
1250	51,7
1600	55,3
2000	59,0
2500	63,2
3150	67,0
4000	
5000	



$D_{n,w} = 48 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons de percussão - $L_{n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-7

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons de percussão

Data de realização do ensaio: 24-02-2010

Compartimento emissor: Quarto Fracção D8.2

Volume Vs: 35,9 m³

Compartimento receptor: Quarto Fracção D8.1

Volume Vr: 37,7 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 8,5 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

Com este ensaio avaliou-se o isolamento sonoro a sons aéreos da laje de separação entre os dois compartimentos (Quarto-Quarto Horizontal).

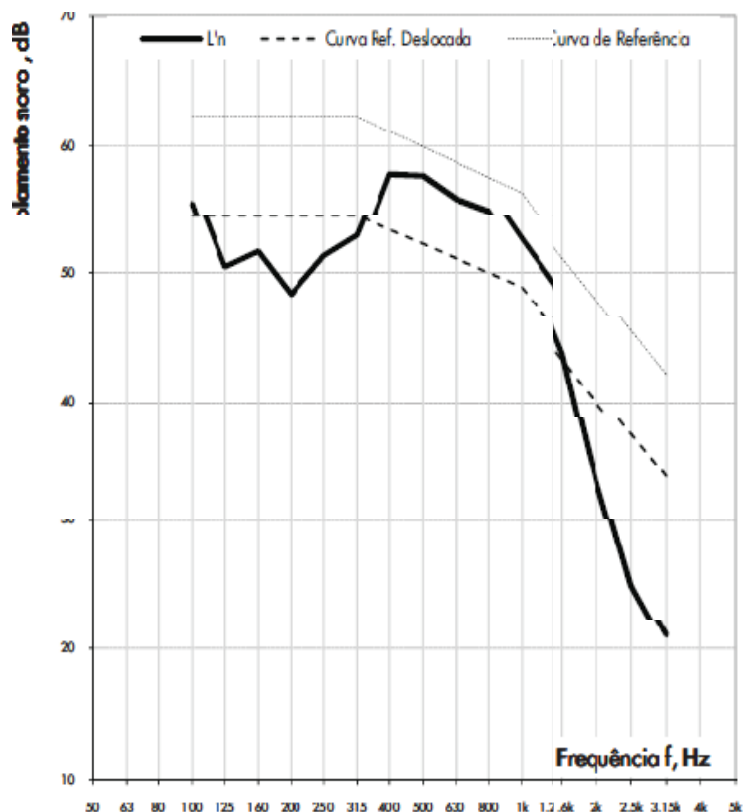
Uma vez que o empreendimento se encontra em fase final de construção, os compartimentos do mesmo encontravam-se finalizados em termos de revestimentos e sem qualquer tipo mobiliário permanente. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do compartimento emissor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	56,3
125	50,4
160	51,5
200	48,5
250	51,2
315	52,6
400	58,2
500	58,1
630	56,6
800	55,8
1000	52,4
1250	49,2
1600	43,4
2000	33,6
2500	25,3
3150	20,9
4000	
5000	



$$L'_{n,w} = 52 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-2)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 23-10-2009

Compartimento receptor: Sala Fracção D8.2

Volume V_r : 96,98 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 26,0 m²

T_0 : 0,5 s

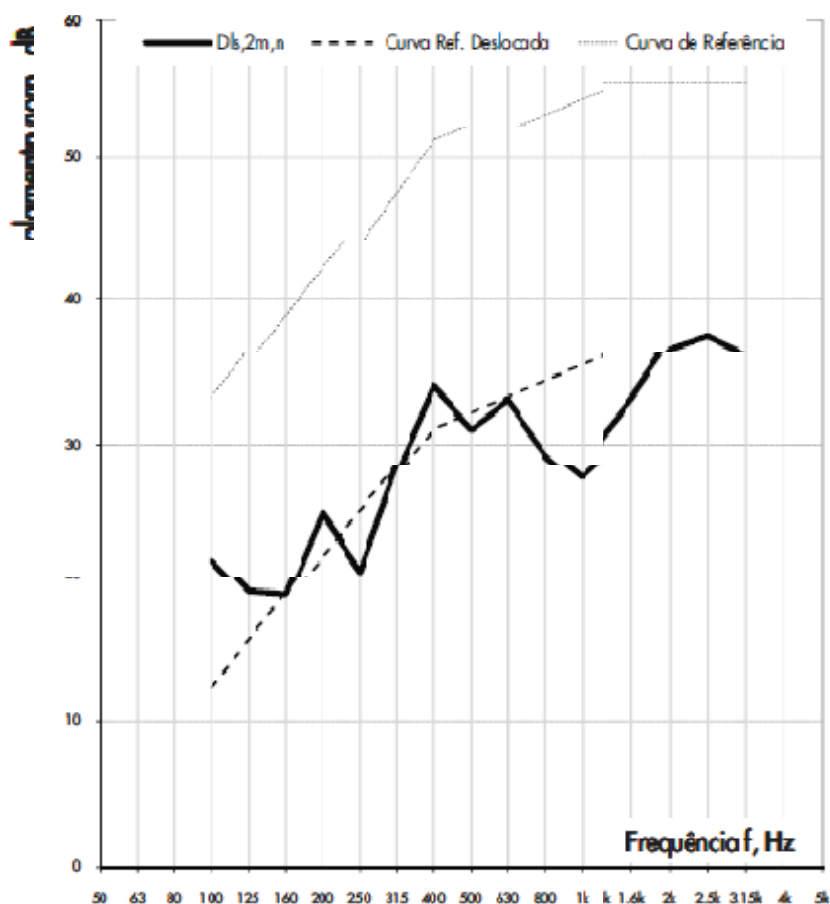
Observações:

Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia no interior do compartimento receptor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	21,8
125	19,0
160	18,8
200	24,9
250	21,0
315	28,0
400	33,7
500	30,9
630	32,8
800	29,3
1000	27,1
1250	29,6
1600	32,9
2000	36,8
2500	37,7
3150	36,4
4000	
5000	



$$D_{Is,2m,n,w} = 32 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 24-10-2009

Compartimento receptor: Sala Fração A8.1

Volume Vr: 105,80 m³

Área do Elemento a ensaiar S: 15,0 m²

T_0 : 0,5 s

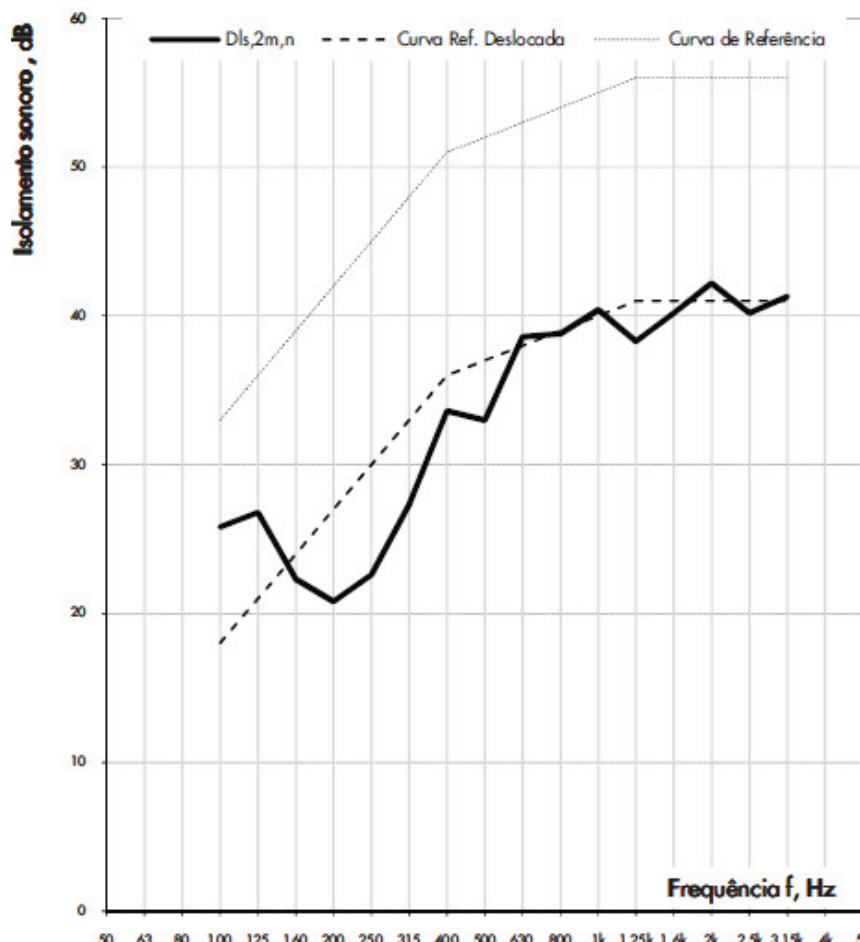
Observações:

Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia no interior do compartimento receptor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	25,8
125	26,8
160	22,3
200	20,8
250	22,6
315	27,3
400	33,6
500	33,0
630	38,6
800	38,8
1000	40,4
1250	38,3
1600	40,2
2000	42,2
2500	40,2
3150	41,3
4000	
5000	



$$D_{ls,2m,n,w} = 37 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 28-10-2009

Compartimento receptor: Quarto Fracção D4.1

Volume V_r : 35,50 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 7,8 m²

T_0 : 0,5 s

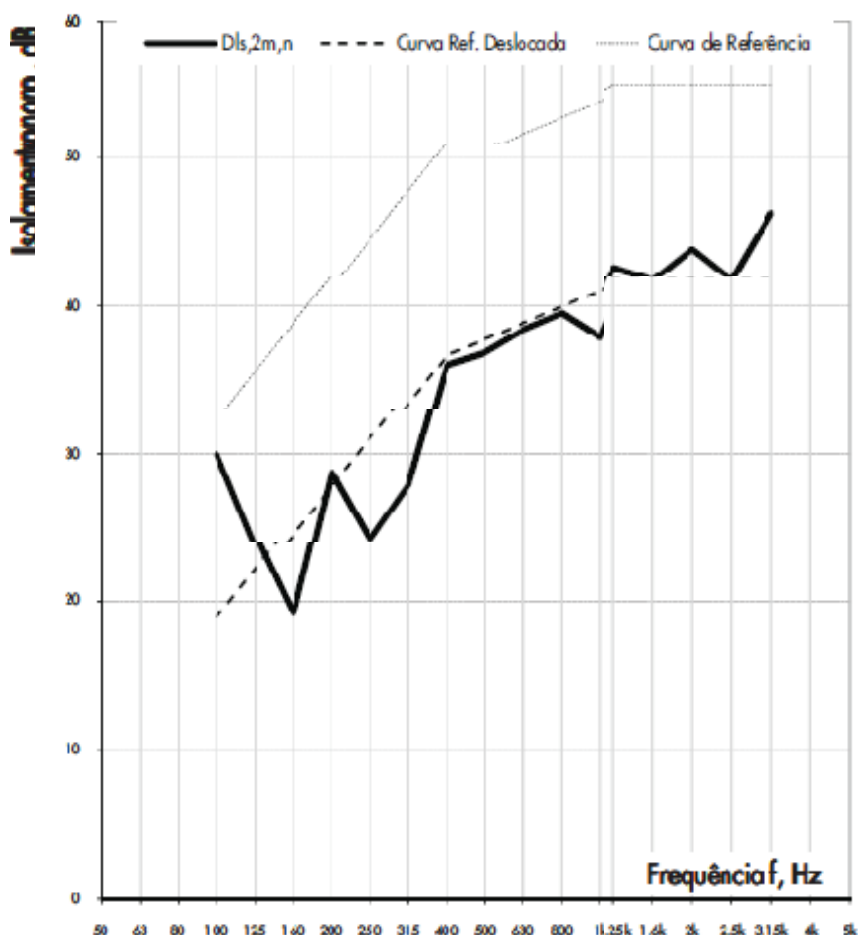
Observações:

Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do exterior

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	30,0
125	24,2
160	19,2
200	28,9
250	24,7
315	28,1
400	36,4
500	37,2
630	38,6
800	39,6
1000	38,1
1250	43,3
1600	42,5
2000	44,4
2500	42,5
3150	46,6
4000	
5000	



$$D_{ls,2m,n,w} = 38 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 28-10-2009

Compartimento receptor: Quarto Fracção D4.2

Volume V_r : 35,50 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 7,8 m²

T_0 : 0,5 s

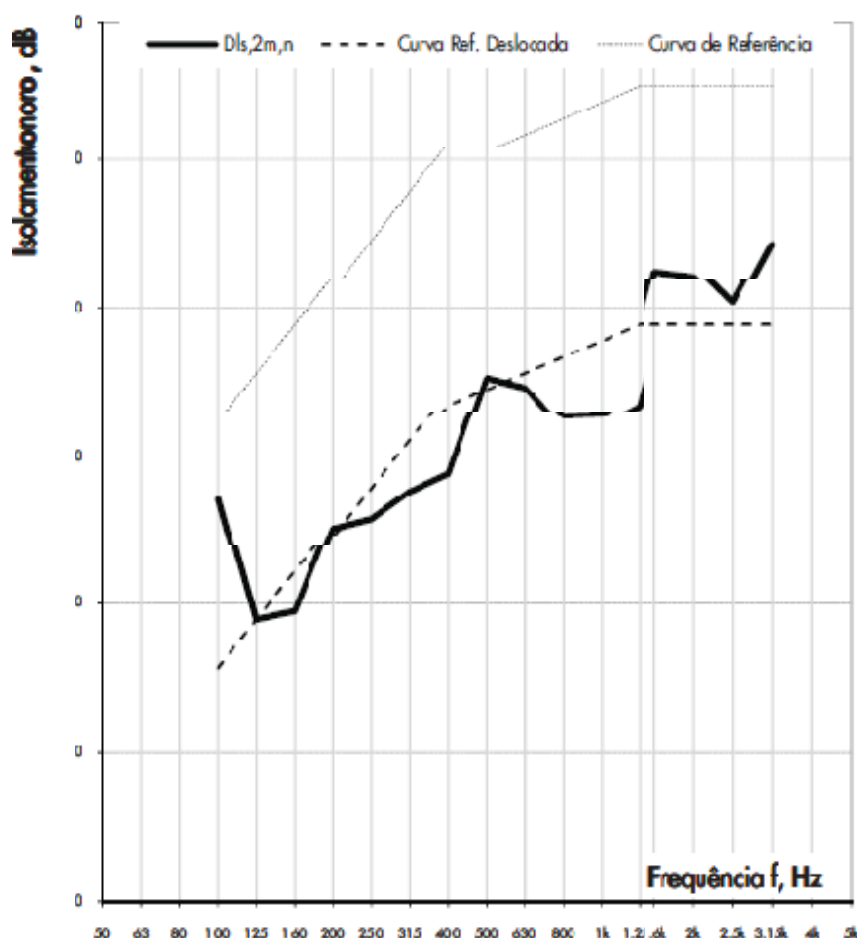
Observações:

Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia do exterior

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	27,4
125	19,0
160	19,5
200	25,5
250	26,1
315	27,8
400	28,9
500	35,7
630	35,1
800	32,5
1000	32,6
1250	33,9
1600	43,4
2000	42,1
2500	40,4
3150	44,8
4000	
5000	



$D_{ls,2m,n,w} = 35 \text{ dB}$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,n,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 29-10-2009

Compartimento receptor: Quarto Fracção A3.1

Volume V_r : 36,40 m³

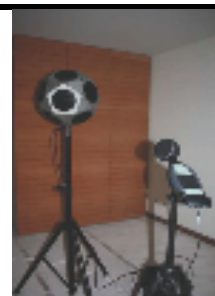
Área do Elemento a ensaiar S : 7,8 m²

T_0 : 0,5 s

Observações:

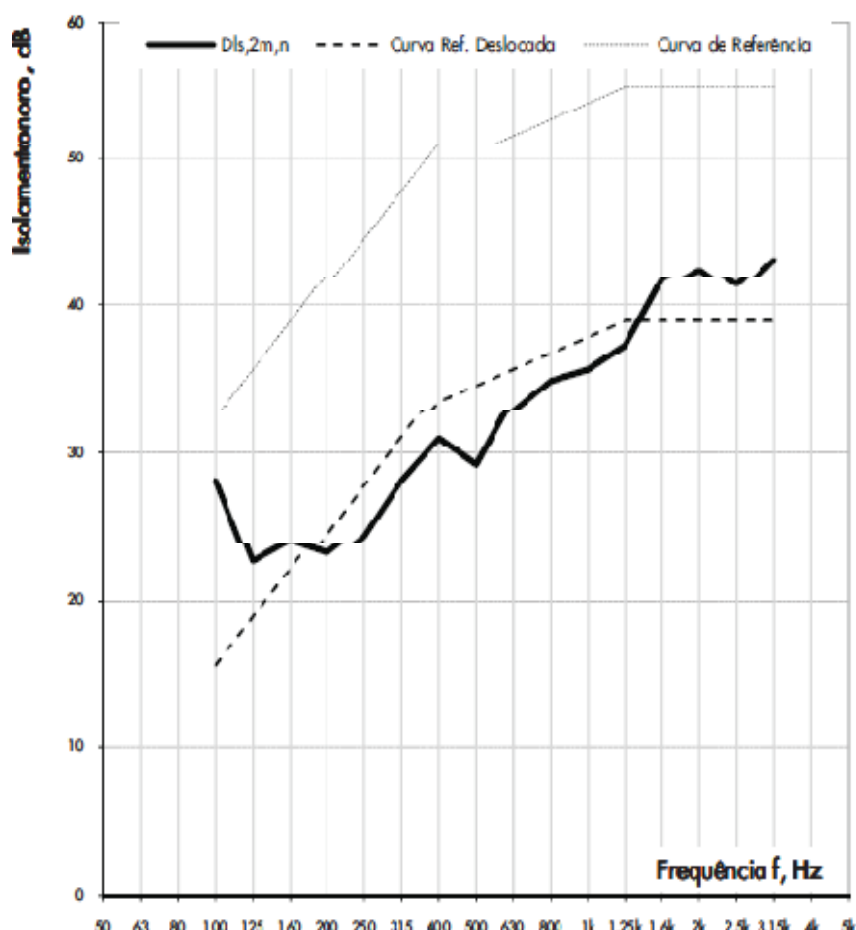
Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição.

Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia no interior do compartimento receptor

Frequência Hz	Dn dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	28,3
125	22,5
160	23,8
200	23,0
250	24,9
315	28,3
400	30,9
500	29,3
630	33,4
800	35,3
1000	36,0
1250	37,5
1600	41,7
2000	43,0
2500	41,3
3150	43,7
4000	
5000	



$$D_{ls,2m,n,w} = 35 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)

Isolamento sonoro a sons aéreos de fachada – $D_{2m,nT,w}$

Isolamento Sonoro normalizado de acordo com a norma ISO 140-5

Medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas

Data de realização do ensaio: 29-10-2009

Compartimento receptor: Quarto Fracção D1.3

Volume V_r : 39,78 m³

Área do Elemento a ensaiar S : 8,2 m²

T_0 : 0,5 s

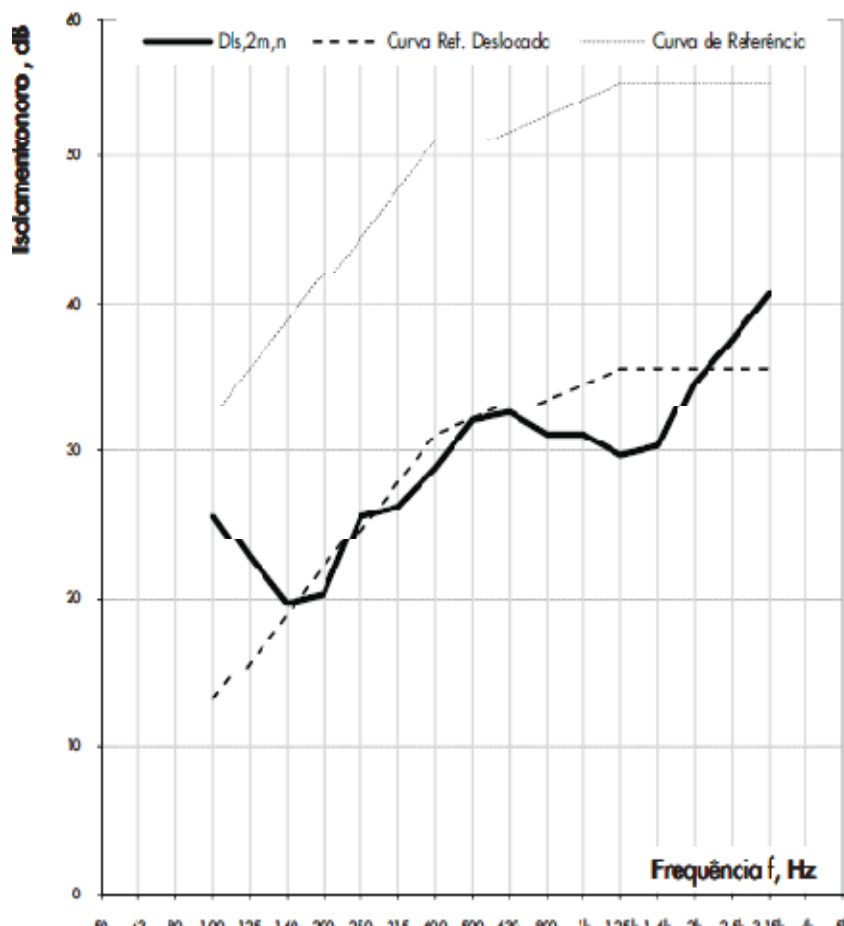
Observações:

Uma vez que o empreendimento se encontrava à data dos ensaios em fase de construção, os compartimentos estavam desprovidos de qualquer tipo de mobiliário, existindo no seu interior material de construção sob o pavimento. Durante as medições o local receptor encontrava-se ocupado apenas pelo operador dos equipamentos de medição. Foram respeitadas as distâncias, os números e as durações máximas e mínimas de medição.



Fotografia no interior do compartimento receptor

Frequência Hz	D_n dB (1/3 de oitava)
50	
63	
80	
100	25,9
125	22,6
160	19,7
200	20,3
250	25,9
315	26,5
400	28,9
500	31,9
630	32,4
800	31,0
1000	31,0
1250	29,7
1600	30,3
2000	35,1
2500	37,8
3150	40,7
4000	
5000	



$$D_{ls,2m,n,w} = 32 \text{ dB}$$

(Cálculo de acordo com a norma ISO 717-1)